

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-206411

(43)Date of publication of application : 28.07.2000

(51)Int.Cl.

G02B 17/08

G11B 7/09

G11B 7/135

(21)Application number : 11-011203

(71)Applicant : SHARP CORP

(22)Date of filing : 19.01.1999

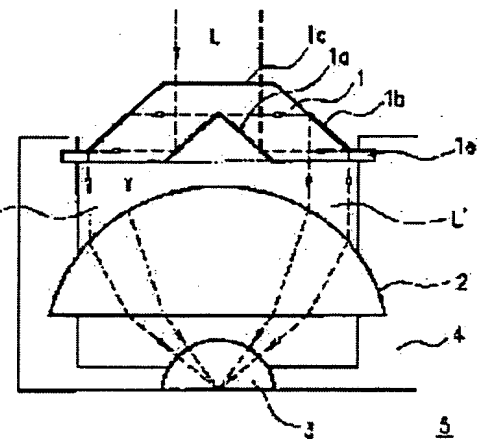
(72)Inventor : YAMAMOTO HIROYUKI

(54) OPTICAL DEVICE, OPTICAL HEAD AND INFORMATION REPRODUCING DEVICE USING THEM

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an optical device which can condense a very small spot.

SOLUTION: Incident light L is made incident on an optical device 1 from a light incident surface 1c. Then, the optical path thereof is radially dispersed by a first mirror surface 1a and reflected on a second mirror surface 1b. Additionally, it is converted to the annular beam L' and guided to an objective lens 2. The beam L' is passed through the lens 2 and condensed at the lower plane surface of an SIL 3. The annular focused light guided to the SIL 3 at this time is made incident, so as to form a critical angle or more with respect to the plane surface of the SIL 3, totally reflected on a boundary surface, and then returned. Thus, the light transmitted through the vicinity of the centers of the lens 2 and the SIL 3 is eliminated and only proximity-field light permeates through the vicinity of the center of the SIL 3. For example, when the proximity-field light is detected by a probe, the external light other than the proximity-field light guided to the probe is eliminated, and the noise of the light to be detected is reduced. In addition to it, the beam spot becomes smaller than the normal condensing spot due to the effect of super image dissection.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-206411

(P 2 0 0 0 - 2 0 6 4 1 1 A)

(43) 公開日 平成12年 7 月 28 日 (2000. 7. 28)

(51) Int. Cl. ⁷

識別記号

F I

テームコード (参考)

G02B 17/08

G02B 17/08

Z 2H087

G11B 7/09

G11B 7/09

A 5D118

7/135

7/135

Z 5D119

審査請求 未請求 請求項の数11 O L (全23頁)

(21) 出願番号 特願平11-11203

(22) 出願日 平成11年 1 月 19 日 (1999. 1. 19)

(71) 出願人 000005049

シャープ株式会社

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号

(72) 発明者 山本 裕之

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ

ャープ株式会社内

(74) 代理人 100078282

弁理士 山本 秀策

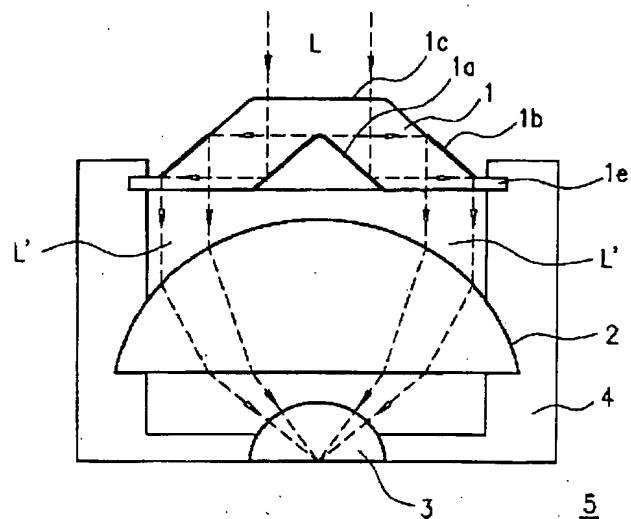
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光学素子、光学ヘッド及びそれらを用いた情報再生装置

(57) 【要約】

【課題】 微小スポットを集光させることができる光学素子を提供する。

【解決手段】 入射光Lは、光入射面1cから光学素子1に入射され、第1ミラー面1aで光路を放射状に分散され、第2ミラー面1bで反射されて円環ビームL'に変換され、対物レンズ2に導かれる。円環ビームL'は、対物レンズ2を経てSIL3の下側平面へ集光される。このときSIL3へ導かれる円環状の集束光は、SIL3の平面に対して臨界角以上になるよう入射され、境界面で全反射されて戻っていく。これにより、対物レンズ2およびSIL3の中央付近を透過する光がなくなり、SIL3の中央付近からは近接場光のみがしみ出る。例えば、この近接場光をプローブによって検出する場合は、プローブに導かれる近接場光以外の外部光がなくなり、検出される光のノイズが低減される。加えて、超解像の効果により、ビームスポットは通常の集光スポットよりも小さくなる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 一つの回転軸周りに回転されたそれぞれの線の軌跡として定められ、かつ相互に対向する第1反射面及び第2反射面が形成された透明部材を備え、前記第1反射面は、前記透明部材への前記回転軸に沿った入射光を該回転軸に対して90°以上の角度をなして前記第2反射面へと反射し、
前記第2反射面は、前記第1反射面からの反射光を更に反射して前記透明部材から出射する光学素子。

【請求項2】 前記透明部材の光入射端面から離開して、前記第1反射面が配置される請求項1に記載の光学素子。

【請求項3】 前記透明部材の光入射端面に最も近い前記第2反射面の端部は、前記第1反射面によって反射された反射光の照射範囲内にある請求項1又は2に記載の光学素子。

【請求項4】 一つの回転軸周りに回転されたそれぞれの線の軌跡として定められ、かつ相互に対向する第1反射面及び第2反射面が形成された透明部材を備え、前記第1反射面は、前記透明部材への前記回転軸に沿った入射光を該回転軸に対して90°以上の角度をなして前記第2反射面へと反射し、
前記第2反射面は、前記第1反射面からの反射光を更に反射して前記透明部材から出射し、該出射光を該出射光の光軸に対して垂直な平面に臨界角以上の角度をなして入射させる光学素子。

【請求項5】 前記透明部材の光出射側に配置され、該光出射側の面が平面状に形成された透明板と、該光出射側に配置された凸レンズを備え、
前記第2反射面及び前記凸レンズの少なくとも一方によって、前記第1反射面からの反射光を集光する請求項4に記載の光学素子。

【請求項6】 光学素子と、プローブとを備え、
前記光学素子は、一つの回転軸周りに回転されたそれぞれの線の軌跡として定められ、かつ相互に対向する第1反射面及び第2反射面が形成された透明部材を備え、
前記第1反射面は、前記透明部材への前記回転軸に沿った入射光を該回転軸に対して90°以上の角度をなして前記第2反射面へと反射し、
前記第2反射面は、前記第1反射面からの反射光を更に反射して前記透明部材から出射し、該出射光を記録媒体に臨界角以上の角度をなして入射させ、
前記プローブは、前記記録媒体の近傍の光を入射する情報再生装置。

【請求項7】 一つの回転軸周りに回転されたそれぞれの線の軌跡として定められ、かつ相互に対向する第1反射面及び第2反射面が形成された透明部材と、
前記透明部材の光出射側に配置され、該光出射側の面が平面状に形成された透明板とを備え、
前記第1反射面は、前記回転軸に対して45°以上傾斜

し、前記透明部材への前記回転軸に略沿った入射光を前記第2反射面へと反射し、

前記第2反射面は、凹面であり、前記第1反射面からの反射光を前記透明板へと更に反射し、

前記第2反射面からの反射光が前記透明板の光出射側の平面に臨界角以上をなして入射されて該平面から出射される光学素子。

【請求項8】 前記透明部材の光入射端面に凹レンズを備え、

前記光入射端面が前記凹レンズを介して前記第1反射面に入射する請求項7に記載の光学素子。

【請求項9】 光学素子と、光源と、光検出器とを備え、

前記光学素子は、一つの回転軸周りに回転されたそれぞれの線の軌跡として定められ、かつ相互に対向する第1反射面及び第2反射面が形成された透明部材と、前記透明部材の光出射側に配置され、該光出射側の面が平面状に形成された透明板とを備え、

前記第1反射面は、前記光源から前記透明部材への入射光を前記第2反射面へと反射し、

前記第2反射面は、前記第1反射面からの反射光を前記透明板へと反射し、

前記第2反射面からの反射光が前記透明板の光出射側の平面に臨界角以上をなして前記光学的開口部に入射されて該光学的開口部から出射され、

前記光検出器は、前記光学的開口部の周辺に設けられた光学ヘッド。

【請求項10】 前記光検出器は、複数の受光領域を有し、前記光学的開口部から出射され記録媒体によって反射された光を該各受光領域で受光し、該各受光領域の検出力に基づいて前記光学ヘッドによる前記記録媒体のトラッキングエラーを検出する請求項9に記載の光学ヘッド。

【請求項11】 前記光検出器は、前記光学的開口部から出射され記録媒体によって反射された光を受光し、当該光検出器の検出力に基づいて前記光学ヘッドと前記記録媒体間の距離を検出する請求項9に記載の光学ヘッド。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、記録媒体に記録された情報の記録再生を行うための近接場光を形成する光学素子、該近接場光を記録媒体に照射する光学ヘッド、及びそれらを用いた情報再生装置に関する。

【0002】

【従来の技術】光源から放射される光は、通常、一様な強度分布あるいは連続的な強度分布を有しており、単位面積あたりの光強度を大きくする場合は、この光をレンズによって集光してから物体に照射することが多い。これに対して単位面積当たりの光強度を大きくするため

に、意図的に不連続な強度分布を持つ光を形成し、この光を利用することもある。円環ビームがその一例である。

【0003】例えば、実開昭63-49516号公報には、図19(a)、(b)の円環レーザ光による円形加工の応用技術が開示されている。図19(a)、(b)において、導光管1026の先端に環状集光レンズ1027と直円錐状ミラー1028を配設し、これらの外側に中空直円錐台状ミラー1029を設けてある。導光管1026を伝わってきた円柱状の平行光束Hは、直円錐状ミラー1028で反射され、環状集光レンズ1027で集束光に変換され、この集束光が中空直円錐台状ミラー1029で反射されて環状の焦点1030を結ぶ。こうして形成された円環レーザ光により板材を円形に切り出すことができる。

【0004】図19(a)、(b)からわかるように、導光管1026は中空直円錐台状ミラー1029の中空部分をその軸線方向に移動可能となっており、円環ビームの外径を変化させることができる。

【0005】特開平10-68700号公報には、図20の光ファイバーの表面欠陥検査装置への円環ビームの応用技術が開示されている。図20において、半導体レーザ光源1032からの光をコリメートレンズ1033で平行光に変換し、この平行光を第1円環レンズ1034及び第2円環レンズ1035に通し、環状の検査光1040を形成する。この環状の検査光1040を反射ミラー1036で重ね合わせ、集光レンズ1037で集光すれば、光ファイバー1031の全周にわたって死角なく検査光を照射することができる。光ファイバー1031の表面に欠陥1039があると、検査光1040は散乱されるので、これを複数のフォトダイオード1038を配置してなる乱反射光検出手段1041によって検出する。レンズの組み合わせにより、損失なく円環ビームを形成することができる。

【0006】特開平2-157808号公報には、図21(a)、(b)の放射ビーム収束装置が開示されている。図21(b)は平面図、図21(a)は、図21

(b)のαに沿う断面図である。この放射ビーム収束装置1050は、回転放物面からなる中空体の反射体1046及び中空の切頭円錐体の形状を持つ反射体1043から構成される外側部材1047と、2つの円錐形の反射体1048からなる内側部材1045とを備え、両者が複数の薄いスパイダ・ベーン1049によって連結固定されている。平行放射ビーム1042は、装置内で環状に変換され、再び焦点1044で収束する。ここでは、レンズによる集光を利用しないため、光吸収がなく、原子炉内部の検査の様な高放射線下や極度の熱勾配下などでも使用することができる。

【0007】特開平9-288237号公報には、図22の暗視野落射顕微鏡の光学系が開示されている。暗視

野落射顕微鏡は、被測定物を暗視野方式で照明するため、光学系のフレアーノイズが殆どなく、コントラストの非常に良い光学像が得られ、被測定物からの微弱な散乱光や蛍光を観察することができる。図22において、光源1051からの光は、コレクタレンズ1052、開口絞り1053、視野絞り1054、コリメータレンズ1055、及び二重円錐鏡1056で平行輪帯光束に変換され、この照明光Aが輪帯リレーレンズ1057a、輪帯反射鏡1058、輪帯リレーレンズ1057b、1057cを経てコンデンサーレンズ1059によって被測定物1060表面に集光照射される。被測定物1060に照明光Aが照射されて発生した散乱光Bは対物レンズ1061で結像されて光検出器1062によって検出される。

【0008】図23(a)は図22の二重円錐鏡1056を光の出射側から見た平面図であり、図23(b)は二重円錐鏡1056を入射側から見た平面図であり、図23(d)は二重円錐鏡1056を光軸に沿って切断した断面図であり、図23(d)は二重円錐鏡1056を示す斜視図である。この二重円錐鏡1056は、光軸を中心とする回転対称体であって、円錐形状の側面に形成された反射鏡1056Aと、それに対面する円錐台形状の内壁に形成された反射鏡1056Bとからなる。入射端1056aに入射した照明光Aは、まず反射鏡1056Aで反射され、続いて反射鏡1056Bで反射されて、出射端1056bから平行輪帯光束として出射される。

【0009】特開平9-74895号公報には、図24のカセグレン式望遠鏡の光学系を応用した電界型全反射測定装置が開示されている。図24において、カセグレン鏡1063は、中心部に穴1064aが形成された凹面鏡よりなるカセグレン主鏡1064と、これよりも径の小さい凸面鏡よりなるカセグレン副鏡1065を対向配置してなる。先端には、平頭部を有する略円錐状のプリズム1066が配置してあり、被測定液(図示せず)に測定光を導き全反射光を再び前記光学系に導く。赤外光源1067から出射された光束をマイケルソン干渉計1068に導光して赤外干渉光を生成し、これを固定鏡1069aで反射させて入射光Iを形成する。入射光Iはカセグレン副鏡1065、カセグレン主鏡1064及びプリズム1066を介して被測定液に照射され、該被測定液とプリズム1066の臨界面からの全反射光Rが形成される。該全反射光Rは、固定鏡1069bで反射されてMCT検出器1070でその強度が検出される。プリズム1066の先端は被測定液に接しており、入射光Iはわずかに被測定液に侵入して全反射光Rとなるので、この全反射光Rから被測定液の情報を検出することができる。この装置の光学系では、光の進行方向を考慮しなければ、一種の円環光路の利用といえる。

【0010】特開平6-148575号公報には、図2

5 (a), (b)の超解像ビームを発生させる光学素子が開示されている。この光学素子1073は、図25

(a)に示すように第1円錐形状面1071からなる凹部1074と、第1円錐形状面1071に平行に形成された第2円錐形状面1072からなる凸部1075とを有している。この光学素子1073は、所定の屈折率を有する透明なガラスなどの素材により形成される。第1円錐形状面1071側から平行光を入射すると、光学素子1073内部を通過する際屈折が起こり、図25

(b)に示すように光軸を中心とした円型遮光部が発生するので、円環ビームが発生することになる。これを対物レンズ1076で集光することにより、2次元の超解像ビームを形成することができる。集光点では、メインスポットの周囲にサイドローブのスポットが形成され、その分だけメインスポットのエネルギーが失われ、メインスポットのサイズが小さくなる。

【0011】図26は、光学素子1073内部での光の進行方向を示している。光軸上の光ビームは、第1円錐形状面1071からなる円錐形状の凹部1074の頂点1074aに入射されると、そこで外周方向に屈折を受ける。そして、この屈折を受けた光ビームが第2円錐形状面1072からなる円錐形状の凸部1075に入射されると、そこで再び屈折を受け、光軸と平行な光ビームとなって出射される。その結果、光軸を中心として実質的に光ビームが存在しない領域（遮光部）が形成される。

【0012】この超解像ビームによる微小スポットは、光学的に情報を記録または再生する装置の高密度化に応用される。

【0013】一方、光ディスク装置による記録再生の更なる高密度化を目指し、より微小な集光スポットを形成することが試みられているが、回折現象のため波長よりも小さなスポットに光を集光することができず、これが課題となっている。

【0014】この様な光スポットの限界を打ち破り記録密度を現状より2桁向上する方法として、近接場光学顕微鏡 (Scanning Near-field Optical Microscope : SNOM 以下SNOMと略す) の構成を利用した光記録再生方法が注目されている。この再生方法としては、Illumination mode (以下Iモードと略す) と呼ばれる微小開口から近接場光を放射する方式と、Collection mode (以下Cモードと略す) と呼ばれる試料表面に現れる近接場光をプローブで集光する方式が一般に知られており、更には、両者の作用を兼ね備えるハイブリッドモードと呼ばれる方式も知られている。

【0015】図27(a)は、Iモードの構成を示している。プローブ1122は、光源1121に接続され、その先端が記録媒体基板1123に対向している。プローブ1122は、光ファイバーを加熱伸長やエッチング

などで先鋭加工し、この光ファイバーに金属膜1122bを形成し、その先端1122aのみで金属膜を除去したものであり、該先端1122aの光学的開口の直径が数十nmである。記録媒体基板1123は、樹脂やガラスからなる透明基板表面に例えば相変化材料などの記録膜を成膜したものであり、この記録膜に記録マーク1123aが形成される。

【0016】プローブ先端1122aと記録媒体基板1123の間隔は数十nmに保たれる。記録媒体基板1123を挟んで、プローブ1122の反対側には光検出器1124が配置されている。

【0017】光源1121で発生した光は、プローブ1122に導かれ、該プローブ先端1122aから近接場光Nとして滲み出す。このプローブ先端1122aの近傍には記録媒体基板1123が配置されているため、滲み出した光の一部は、近接場光ではなくなり、記録媒体基板1123を通過する伝搬光となる。この近接場光Nから生じた伝搬光が記録マーク1123aを通過するとき、記録マーク1123aが該伝搬光と相互作用し、光の強度変化や位相変化などが起こるので、光検出器1124によって該光の変化が信号として読み出される。

【0018】図27(b)は、Cモードの構成を示している。光源1121は、記録媒体基板1123の裏面に対して臨界角以上の角度で光が入射されるように配置されている。記録媒体基板1123を挟んで光源1121の反対側には、光検出器1124に接続されたプローブ1122が配置されている。プローブ先端1122aと記録媒体基板1123の間隔は数十nmに保たれる。

【0019】光源1121から照射された光は、記録媒体基板1123の裏面から入射し、記録マーク1123a付近で全反射して再び記録媒体基板1123の裏面側から外部へ出射されていく。このとき、記録媒体基板1123の表面には近接場光Nが滲み出ている。記録媒体基板1123の近傍にはプローブ先端1122aが配置されているため、滲み出した光の一部は、近接場光ではなくなり、プローブ先端1122aからプローブ1122内部へと導かれる伝搬光となる。この近接場光Nから生じた伝搬光が記録マーク1123aを通過するとき、記録マーク1123aが該伝搬光と相互作用し、光の強度変化や位相変化などが起こるので、光検出器1124によって該光の変化が信号として読み出される。

【0020】これら両モードを組み合わせたハイブリッドモードは、例えば特開平6-259821号公報に開示されている。

【0021】図28は、特開平6-259821号公報の記録再生装置を示す斜視図である。この装置において、カンチレバー1126の先端には透明探針1127が設けられており、透明探針1127をディスク1125の記録面1125aに近接または接触させて情報の記録または再生を行う。情報を記録する場合には、レーザ

光源1130から出射した平行光を偏光子または波長板1131によって偏光または円偏光とし、この光を偏光ビームスプリッタ1132及び1/2波長板1133を経由させてカンチレバー1126に設けた光導波路膜1138(図29にて後述)に導き、透明探針1127を経由させてディスク1125の記録面1125aに照射する。

【0022】ディスク1125は、平滑なガラス基板またはシリコン基板の表面に例えばコバルト、白金の多層構造の磁性体薄膜をスパッタ蒸着したものである。磁石1134によって透明探針1127の近傍にバイアス磁界を印加しながら、上記のように透明探針1127の先端から光を照射することにより、光照射領域に相当するディスク1125の微小部分を磁化して情報を記録することができる。

【0023】情報の再生は、記録時よりも小さな光量のレーザ光を上記の光学系で照射し、その反射光を透明探針1127で捕らえ、偏光ビームスプリッタ1132で分岐させ、偏光子1135を通して光検出器1136で検出することにより、ディスク1125の磁化に応じた反射光の偏光角の回転(カー効果)を検知することができる。

【0024】図29はカンチレバー1126の詳細を示しており、図29(a)は断面図、図29(b)は平面図を示している。カンチレバー1126は酸化珪素膜1137に窒化珪素からなる光導波路膜1138を設けたものであり、該カンチレバー1126の可動部には透明探針1127が設けられている。ここで透明探針1127には、その先端に光の波長に比べて十分小さな微小開口部1144が設けられており、透明探針1127は前記微小開口部1144を除いて遮光膜1145で覆われている。これにより余分な光を透明探針1127の先端部分以外に照射したり、逆に余分な光を検出するという不都合を回避することができるので、高精度な記録再生を行うことができる。なお、光導波路膜1138の厚み及び屈折率は、使用する光の波長の波面が保存されるよう適切に選択される。

【0025】カンチレバー1126の可動端には、光導波路膜1138の表面に透明探針1127の軸1139を中心として略同心円状のグレーティング1140が設けられており、光導波路膜1138と透明探針1127の間を結ぶカプラーを構成している。これにより、光導波路膜1138を通過した光を効率よく透明探針1127に導くことができるとともに、透明探針1127の先端の近接視野部で検出した微弱光を効率よく光導波路膜1138に導くことができる。また、使用する光の波長に対してグレーティングピッチを適切に選択することにより、透明探針1127の微小開口部1144に焦点を結ばせることができるので、情報の高密度記録が可能となる。

【0026】カンチレバー1126の固定端には、固定のための透明ガラス基板1141が接合されており、この部分に位置する光導波路膜1138の表面には、透明探針1127の軸1139を中心とする略同心円状のグレーティングカプラー1142が設けられている。平行光を光導波路膜1138に垂直な方向1143からグレーティングカプラー1142に入射させると、この入射光は波面を保ったまま透明探針1127の軸1139に向かって集光する。そしてこの導波光は前記した透明探針1127に導かれる。

【0027】そのほかに、微小な集光スポットを形成する方法として、SIL(Solid Immersion Lens)がある。これは光学顕微鏡の解像度を高める手法であり、OPTICS LETTERS Vol. 18, No. 4, p305~307(1993)に示されている。

【0028】図30は、SILを用いた光学系を示す。この光学系においては、対物レンズ1277で光を集束してから、入射面側が球面状で出射面側が平面とされているSIL1278に、該光を入射させる。対物レンズ1277からの入射光は、SIL1278の球面に対して垂直に入射されるため、その光はディスク1279に対向する出射側の平面1278aの中心に向けて集束する。この様な構成において、SIL1278の屈折率をnとすると、対物レンズ1277のNAを実質的にn倍にすることができ、集光スポットが1/NAになる。

【0029】更に、前述したSNOMの中のC(Collection)モードには、試料裏面から光を斜めに入射して全反射させ、試料表面に現れる近接場光を探針で集光する方法がある。

【0030】図31に示すように、試料1280の裏面から斜めに入射光1281を入射すると、試料表面に近接場光Nが現れる。この状態で、光ファイバーなどを先鋭化して作られ受光系として機能するプローブ1282を試料1280に近づけていくと、両者の間隔が数十nmにまで近接したときに近接場光が伝搬光に変換され、その光がプローブ1282の中へと伝わっていく。この方式であれば、記録マークを数十nmと微小にすることが可能で、大容量のメモリー装置として期待されている。

【0031】近接場光を応用した別な例としては、ODS'98でSamsung Electronics Co., LtdからSIM(Solid Immersion Mirror)が発表されている。日経エレクトロニクス6-15, P. 45(1998)によると、これは反射望遠鏡の原理を応用し、反射と屈折を組み合わせ、SILに近い集光素子である。

【0032】図32に示すように、図中上方から入射したレーザ光は球面状の屈折面1284を通過して広がり、平面状の反射面1285に向かう。平面で反射した

レーザ光は、SIMの上面にある非球面の反射面1286で中央に集光される。SILと同じく高NAとすることにより、集光スポットを微小にしている。

【0033】

【発明が解決しようとする課題】このように従来例として、多種多様な方法もしくは装置を挙げることができる。しかしながら、図31に示したSNOMにおいてS/Nを大きくするにはプローブ1282に伝わる伝搬光の強度を大きくする必要があり、このためには試料裏面から入射する平行光の強度を大きくしなければならない。

【0034】そこで、試料裏面から入射する光として、図27、図28に示した超解像ビームや図30に示したSIL及び図32に示したSIMによる微小集光スポットを利用して、入射光の強度を大きくすることが考えられる。ところが、この場合は、集光ビームが平行光ではないので、集光ビームの中心付近が臨界角以下で平凸レンズの平面へ向けて導かれる。このため、透過光が常に発生してプローブ（受光系）へ導かれることになり、検出光の変調度が小さくなって、信号の検出が困難になるという問題が発生する。

【0035】この問題を避けるためには、円環ビームを集光して、中心付近の光を除去した集光ビームを形成し、集光ビームの全体が臨界角以上で入射するようになればよいが、図19から図24までに示した構成では、レンズや反射ミラーが一体化されておらず、光軸合わせの工程が必要となり、また経時変化による光軸ずれも問題となっていた。特に、図20の構成はレンズの組み合わせであり、小型化に問題があった。

【0036】同様に、図27(a)のIモードの構成においては、プローブ1122と光検出器1124が一体化されておらず、また図27(b)のCモードの構成においては、光源1121とプローブ1122が一体化されておらず、更に図28のハイブリッドモードの構成においては、透明探針1127に至るまでの光路、レーザ光源1130、光検出器1136が一体化されていない。このため、各部分や光路の相対的な位置合わせが困難であり、また経時変化や環境変化によって該位置がずれ、特性変化が発生するという問題があった。

【0037】そこで、本発明は、上記従来の問題に鑑み、なされたものであり、CモードSNOMの光照射系に適しており、円環ビームを集光させることができ、小型化、軽量化及び一体化が可能な光学素子、光学ヘッド及びそれらを用いた情報再生装置を提供することを目的とする。

【0038】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するために、本発明の光学素子は、一つの回転軸周りに回転されたそれぞれの線の軌跡として定められ、かつ相互に対向する第1反射面及び第2反射面が形成された透明部材を

備え、前記第1反射面は、前記透明部材への前記回転軸に沿った入射光を該回転軸に対して90°以上の角度をなして前記第2反射面へと反射し、前記第2反射面は、前記第1反射面からの反射光を更に反射して前記透明部材から出射している。

【0039】本発明の光学素子によれば、第1反射面は、回転軸に沿った入射光を回転軸に対して90°以上の角度をなして第2反射面へと反射する。これによって、入射光が放射状に分散される。第2反射面は、第1反射面からの反射光、つまり放射状に分散された光を更に反射して出射する。これによって、放射状に分散された光が環状の光となって出射される。

【0040】また、第1反射面及び第2反射面を共に透明部材に形成し、かつ第1反射面によって入射光を回転軸に対し90°以上の角度をなして反射しているため、薄型の光学素子1つで円環ビームを発生させることができる。

【0041】一実施形態では、前記透明部材の光入射端面から離間して、前記第1反射面が配置される。この場合、加工時に第1ミラー面先端が破損するのを避けることができる。

【0042】一実施形態では、前記透明部材の光入射端面に最も近い前記第2反射面の端部は、前記第1反射面によって反射された反射光の照射範囲内にある。これによって、第1ミラー面先端からの散乱光が第2ミラー面で反射されなくなる。

【0043】また、本発明の光学素子は、一つの回転軸周りに回転されたそれぞれの線の軌跡として定められ、かつ相互に対向する第1反射面及び第2反射面が形成された透明部材を備え、前記第1反射面は、前記透明部材への前記回転軸に沿った入射光を該回転軸に対して90°以上の角度をなして前記第2反射面へと反射し、前記第2反射面は、前記第1反射面からの反射光を更に反射して前記透明部材から出射し、該出射光を該出射光の光軸に対して垂直な平面に臨界角以上の角度をなして入射させる。

【0044】本発明の光学素子によれば、出射光を該出射光の光軸に対して垂直な平面に臨界角以上の角度をなして入射させるので、平面近傍に近接場光のみの微小スポットを形成することができる。

【0045】一実施形態では、前記透明部材の光出射側に配置され、該光出射側の面が平面状に形成された透明板と、該光出射側に配置された凸レンズを備え、前記第2反射面及び前記凸レンズの少なくとも一方によって、前記第1反射面からの反射光を集光する。

【0046】また、本発明の情報再生装置は、光学素子と、プローブとを備え、前記光学素子は、一つの回転軸周りに回転されたそれぞれの線の軌跡として定められ、かつ相互に対向する第1反射面及び第2反射面が形成された透明部材を備え、前記第1反射面は、前記透明部材

への前記回転軸に沿った入射光を該回転軸に対して 90° 以上の角度をなして前記第2反射面へと反射し、前記第2反射面は、前記第1反射面からの反射光を更に反射して前記透明部材から出射し、該出射光を記録媒体に臨界角以上の角度をなして入射させ、前記プローブは、前記記録媒体の近傍の光を入射する。

【0047】本発明の情報再生装置によれば、出射光を記録媒体に臨界角以上の角度をなして入射させるので、記録媒体基板の表面近傍に近接場光のみの微小スポットを形成することができる。

【0048】また、本発明の光学素子は、一つの回転軸周りに回転されたそれぞれの線の軌跡として定められ、かつ相互に対向する第1反射面及び第2反射面が形成された透明部材と、前記透明部材の光出射側に配置され、該光出射側の面が平面状に形成された透明板とを備え、前記第1反射面は、前記回転軸に対して 45° 以上傾斜し、前記透明部材への前記回転軸に略沿った入射光を前記第2反射面へと反射し、前記第2反射面は、凹面であり、前記第1反射面からの反射光を前記透明板へと更に反射し、前記第2反射面からの反射光が前記透明板の光出射側の平面に臨界角以上をなして入射されて該平面から出射される。

【0049】本発明の光学素子によれば、第1反射面は、回転軸に沿った入射光を第2反射面へと反射する。これによって、入射光が放射状に分散される。第2反射面は、第1反射面からの反射光、つまり放射状に分散された光を更に反射する。これによって、放射状に分散された光が環状の光となる。更に、光源からの光を円環ビームに変換した後、この光を透明板の光出射側の平面に臨界角以上をなして入射させて該平面から出射させるので、近接場光のみによる微小スポットを集光することができる。

【0050】一実施形態では、前記透明部材の光入射端面に凹レンズを備え、前記光入射端面が前記凹レンズを介して前記第1反射面に入射する。この場合、光路を長くとりずには円環ビームの面積を大きくすることができる。

【0051】また、本発明の光学ヘッドは、光学素子と、光源と、光検出器とを備え、前記光学素子は、一つの回転軸周りに回転されたそれぞれの線の軌跡として定められ、かつ相互に対向する第1反射面及び第2反射面が形成された透明部材と、前記透明部材の光出射側に配置され、該光出射側の面が平面状に形成された透明板とを備え、前記第1反射面は、前記光源から前記透明部材への入射光を前記第2反射面へと反射し、前記第2反射面は、前記第1反射面からの反射光を前記透明板へと反射し、前記第2反射面からの反射光が前記透明板の光出射側の平面に臨界角以上をなして前記光学的開口部に入射されて該光学的開口部から出射され、前記光検出器は、前記光学的開口部の周辺に設けられている。

【0052】本発明の光学ヘッドによれば、光は、光学素子で一旦集光され、記録媒体基板内部の反射面で反射された後、光検出器で検出される。

【0053】一実施形態では、前記光検出器は、複数の受光領域を有し、前記光学的開口部から出射され記録媒体によって反射された光を該各受光領域で受光し、該各受光領域の検出出力に基づいて前記光学ヘッドによる前記記録媒体のトラッキングエラーを検出している。記録媒体のトラッキングエラーを検出すれば、トラッキングサーボを行うことができる。

【0054】一実施形態では、前記光検出器は、前記光学的開口部から出射され記録媒体によって反射された光を受光し、当該光検出器の検出出力に基づいて前記光学ヘッドと前記記録媒体間の距離を検出している。この場合、記録媒体基板との間隔を制御できるとともに、深さ方向に変調された記録マークの再生が可能となる。

【0055】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施形態を添付図面を参照して説明する。

【0056】（第1実施形態）図1は、本発明の第1実施形態である集光ユニットを示す断面図である。この集光ユニット5は、入射光Lを円環ビームL'に変換する光学素子1と、対物レンズ2と、SIL3によって構成され、これらがフレーム4によって一体化固定されている。

【0057】入射光Lは、光入射面1cから光学素子1に入射され、第1ミラー面1aで光路を放射状に分散され、第2ミラー面1bで反射されて円環ビームL'に変換され、対物レンズ2に導かれる。ここで第2ミラー面1bの配置は、光学素子1の内部での散乱光の影響が集光スポットに現れないよう、図5で後述するような工夫が施してある。保持部1eは、光学素子1をフレーム4で保持するために用いるもので、光学素子1の光学的な作用には関係ない。

【0058】円環ビームL'は、対物レンズ2を経てSIL3の下側平面へ集光される。このときSIL3へ導かれる円環状の集束光は、SIL3の平面に対して臨界角以上になるよう入射され、境界面で全反射されて戻っていく。例えば屈折率2の材料からなるSILならば、平面に対する入射角は 30° 以上に必要がある。これにより、対物レンズ2およびSIL3の中央付近を透過する光がなくなり、SIL3の中央付近からは近接場光のみが滲み出る。このため、CモードのSNOMにおいて、本実施形態の集光ユニットを適用し、この集光ユニットのSIL3の中央付近の近接場光をプローブによって検出する場合は、プローブに導かれる近接場光以外の外部光がなくなり、検出される光のノイズが低減される。加えて、超解像の効果により、ビームスポットは通常の集光スポットよりも小さくなるので、より微小な領域へ光を照射することができる。

【0059】なお、対物レンズ2とSIL3を兼用して、1つの平凸レンズとしてもよい。

【0060】図2は、光学素子1の基本的な構成を示す斜視図である。この光学素子1は、二重の円錐ミラー面で構成され、図中上方から入射した入射光1を円環ビームL'に変換する作用を有する。二重の円錐ミラー面は、先端を有する円錐面からなる第1ミラー面1aと、その円錐と中心軸が同じ円錐台の曲面からなる第2ミラー面1bとからなり、これらの2つのミラー面の中心軸に対する角度は両者ともどちらも45°、つまり直円錐の円錐面となっている。また、対向する第1及び第2ミラー面1a、1b間の光通過部を透明材料で形成、つまり透明材料の表面に第1及び第2ミラー面1a、1bを形成している。

【0061】第2ミラー面1bの径を変えることにより、光学素子の厚みを変えることなく、円環ビームの外径を設定することができるので、図20に示すレンズの組み合わせで構成される従来の光学系に比べて、極めて薄型軽量とすることができる。本実施形態によれば、例えば直径3mm、厚さ0.5mmの光学素子を用いて、直径0.4mmの入射光を外径3mmかつ内径2.6mmの円環ビームに変換することができる。

【0062】この光学素子1は、従来例で示したような複数の部品で構成される中空の構造ではなく、透明材料の表面に第1及び第2ミラー面1a、1bを形成しているので、各ミラー面の位置合わせをする必要がなく、経時変化による特性変動もほとんどない。また、この光学素子1は、ミラーを用いているため、回折格子を利用したビーム径変換素子に比べると、波長変動によるビーム出射方向の振れやビーム形の変形が生じないという特徴がある。この光学素子1の基本的な働きは、入射光を円環ビームに変換することであり、ミラーの形状や配置については図2の構成に限定されるものではない。

【0063】図3は、本実施形態の変形例を示す断面図である。図3において、破線は光束を示し、太線の部分がミラー面を示している。第1及び第2ミラー面1Aa、1Abについては、その角度の表現を重視しており、光学素子1内部での散乱光を考慮したミラーの配置は図5で後述する。第1ミラー面1Aaが光軸に対して45°傾き、第1ミラー面1Aaによる反射光が光軸に対して90°の方向のときに、光学素子1の厚みが最も薄くなる。

【0064】図3(a)に示す光学素子1Aは、第1ミラー面1Aaの先端が光学素子1Aの光入射面1Acよりも下方に形成されている。この方が第1ミラー面1Aaが光入射面1Acに接しているものよりも加工が容易である。つまり、第1ミラー面1Aa先端と光入射面1Acとの間隔の公差を大きくとれるので、第1ミラー面先端が破損するのを防ぐことができる。このような構造にしても、光学素子1の厚さが大きくなるだけで、これ

による特性の変化はない。この構造は、以下の図3

(b)及び図3(c)の光学素子についても同様である。

【0065】図3(b)に示す光学素子1Bは、光入射面の部分にコリメートレンズ6を付加している。これにより、半導体レーザなどからの発散光1を平行光に変換した後、外径の大きな円環ビームに変換することができる。コリメートレンズを別に設ける場合に比べると、光学素子とコリメートレンズの位置合わせを必要としないという利点がある。レンズのパワーを大きくしてやれば、集光素子としての機能も合わせることができる。

【0066】図3(c)に示した光学素子1Cは、円環ビームの出射側にコンデンサーレンズ7を設けている。これにより、半導体レーザなどからの発散光1を外径の大きな円環ビームに変換した後、平行光に変換することができる。レンズを別に設ける場合に比べて、位置合わせの必要がない。また、光の通過する部分のみにレンズがあればよいので、これをコンデンサーレンズにすることで、厚みや重量が大きくなるのを防ぐことができる。レンズのパワーを大きくすれば、集光素子としての機能も合わせることができる。

【0067】このほか、図3(b)と図3(c)の構成を組み合わせることで光学素子1の両面にレンズを付加することも可能である。

【0068】ミラー面は、臨界角を利用した全反射ミラーでも、金属膜あるいは誘電体多層膜を形成した反射ミラーでもどちらでもよい。膜を積層するミラーであれば、必要な部分だけにミラーを形成することができ、散乱光などの不要な光の影響を抑えることができる。また、ミラーに偏光特性を持たせることも可能である。全反射ミラーが空気との界面を利用したものである場合、この全反射ミラーの界面に他の部品を接着すると、該界面がなくなるので、界面を利用した全反射ミラーの利用には注意を要する。パターンニングミラーは、図5に後述する構成への採用が好ましい。

【0069】図4には、その他の変形例を示している。破線は光束を示し、太線はミラー面を示している。

【0070】図4(a)は、第1ミラー面8aが光軸に対して45°よりも小さい光学素子8を示している。これにより、第1ミラー面8aの先端8dが先鋭化されるので、この部分での光の散乱が少なくなる。図3に示した構造の光学素子に比べて、厚みは大きくなる。

【0071】図4(b)は、第1ミラー面8Aaが双曲線や放物線や楕円などの曲線を回転して得られる凹面の曲面となる光学素子8Aを示している。このような構造とすることにより、半導体レーザなどの光源9からの発散光1を、平行光として反射して第2ミラー面8Abに導くことができる。

【0072】図4(c)は、第2ミラー面8Bbが双曲線や放物線や楕円などの曲線を回転して得られる凹面の

曲面となる光学素子 8 B を示している。このような構造とすることにより、第 1 ミラー面 8 B a で反射された光源 9 からの発散光 1 を、平行光として反射することができる。

【0073】図 5 は、別の変形例を示している。破線は光束を示し、太線はミラー面を示している。

【0074】図 5 (a) に示す光学素子 10 は、その稜線が丸みを有している。実際の加工品においては、このような形状が避けられず、第 1 ミラー面 10 a の先端 10 d も変形してしまう。このため、第 1 ミラー面 10 a からの反射光は、本来設計した方向以外の散乱光を含む。そこで、光学素子 10 においては、第 2 ミラー面 10 b が第 1 ミラー面 10 a からの反射光のみを受けるように、第 2 ミラー面 10 b をパターニングしている。第 1 ミラー面 10 a の先端 10 d での散乱光は、第 2 ミラー面 10 b がパターニングされている領域よりも光入射面 10 c 寄りに散乱され、第 2 ミラー面 10 b では反射されない。

【0075】図 5 (b) に示す光学素子 10 A は、その稜線が丸みを有し、第 1 ミラー面 10 A a が光軸に対して 45° よりも小さい。実際の加工品においては、このような形状が避けられず、第 1 ミラー面 10 A a の先端 10 A d も変形してしまう。このため、第 1 ミラー面 10 A a からの反射光は、本来設計した方向以外の散乱光を含む。そこで、光学素子 10 A においては、第 2 ミラー面 10 A b が第 1 ミラー面 10 A a からの反射光のみを受けるように、第 2 ミラー面 10 A b をパターニングしている。第 1 ミラー面 10 A a の先端 10 A d での散乱光は、第 2 ミラー面 10 A b がパターニングされている領域よりも光入射面 10 A c 寄りに散乱され、第 2 ミラー面 10 A b では反射されない。

【0076】図 5 (c) に示す光学素子 10 B は、その稜線が丸みを有し、第 1 ミラー面 10 B a が双曲線や放物線や楕円などの曲線を回転して得られる凹面の曲面となっている。実際の加工品においては、このような形状が避けられず、第 1 ミラー面 10 B a の先端 10 B d も変形してしまう。このため、光源 9 から発せられ第 1 ミラー面 10 B a で反射された反射光は、本来設計した方向以外の散乱光を含む。そこで、光学素子 10 B においては、第 2 ミラー面 10 B b が第 1 ミラー面 10 B a からの反射光のみを受けるように、第 2 ミラー面 10 B b をパターニングしている。第 1 ミラー面 10 B a の先端 10 B d での散乱光は、第 2 ミラー面 10 B b がパターニングされている領域よりも光入射面 10 B c 寄りに散乱され、第 2 ミラー面 10 B b では反射されない。

【0077】図 5 (d) に示す光学素子 10 C は、その稜線が丸みを有し、第 2 ミラー面 10 C b が双曲線や放物線や楕円などの曲線を回転して得られる凹面の曲面となっている。実際の加工品においては、このような形状が避けられず、第 1 ミラー面 10 C a の先端 10 C d も

変形してしまう、このため、光源 9 から発せられ第 1 ミラー面 10 C a で反射された反射光は、本来設計した方向以外の散乱光を含む。そこで、光学素子 10 C においては、第 2 ミラー面 10 C b が第 1 ミラー面 10 C a からの反射光のみを受けるように、第 2 ミラー面 10 C b をパターニングしている。第 1 ミラー面 10 C a の先端 10 C d での散乱光は、第 2 ミラー面 10 C b がパターニングされている領域よりも光入射面 10 C c 寄りに散乱され、第 2 ミラー面 10 C b では反射されない。

【0078】図 6、図 7 を用いて、本実施形態の光学素子の作製工程について説明する。図 6 は、ガラスのプレス成型を行う例を示し、また図 7 は、熱可塑性材料の射出成型を行う例を示している。

【0079】まず、図 6 を参照して、ガラスのプレス成型について説明する。

【0080】図 6 (a) において、金型 11 には素子型 11' がはめ込まれ、金型 12 には素子型 12' がはめ込まれている。作製される光学素子 1 の形状は、素子型 11' と素子型 12' によって決定されるため、これらの素子型には高い精度が要求される。そこで、ここでは、素子型を金型本体とは別に加工し、後で組み合わせる入れ子式としている。

【0081】図 6 (b) に示すように、これら金型の間に既に加熱軟化されたガラス 13 がセットされる。金型の温度は、ガラス 13 が急激に冷却されないように調整されている。

【0082】そして図 6 (c) に示すように、各金型 11、12 間でガラス 13 をプレスし、ある程度温度が下がったところで再び各金型を開くと、図 6 (d) に示したような光学素子 1 が形成される。

【0083】この後、更に必要に応じてミラー面に金属膜あるいは誘電体多層膜を形成し、ミラーの配置や光学特性を決定する。

【0084】次に、図 7 を参照して、射出成型による光学素子の作製について説明する。

【0085】図 7 (a) において、金型 14 には素子型 14' が、金型 15 には素子型 15' がそれぞれはめ込まれており、入れ子式となっている。また金型 14 には導入口 14 a が設けられており、金型 15 には加工品を取り出すときに使用するイジェクターピン 17 が設けられている。

【0086】図 7 (b) に示すように、両方の金型を合わせた状態で、導入口 14 a から加熱溶融された熱可塑性材料 16 が注入される。この例では、充填を均一に行うため、2箇所からの注入を行っている。

【0087】そして、図 7 (c) に示すように、熱可塑性材料 16 が冷却固化してから金型を開き、イジェクターピン 17 で押し出してやると、図 7 (d) のような成型品 18 が取り出される。成型品 18 には、熱可塑性材料 16 を注入した部分にランナー 18' が残っているの

で、これを除去すると光学素子 1 が得られる。

【0088】図 7 に示す金型を透明な型材とすれば、光硬化性樹脂を注入し、光照射により効果させることができる。光硬化性樹脂の場合は、加熱を必要としないので、短時間で光学素子を作製することができる。ある種の光硬化性樹脂は、空気中の水分や酸素に侵されて表面硬化が進まなくなることがあるので、硬化作業は乾燥窒素雰囲気中などで行うのが好ましい。

【0089】2つの金型の位置合わせは、光学素子 1 を何度か作製しながら調整していき、最終的には $\pm 5 \mu\text{m}$ 以上の精度を得る。また、円錐の素子型の先端はできるだけ先鋭化する必要がある。現状、型の先端は $10 \mu\text{m}$ 程度に先鋭化することが可能である。

【0090】(第2実施形態)図 8 は、本発明の第2実施形態である集光ユニットを示している。この集光ユニット 105 は、光入射面にコリメートレンズ 106 が付加された光学素子 101 と対物レンズ 102 と SIL 103 によって構成され、これらがフレーム (図示せず) によって一体固定されている。

【0091】光源 109 から放射された発散光 1 は、光学素子 101 に入射され、第1ミラー面 101a で光路を放射状に分散され、第2ミラー面 101b で反射されて円環ビーム L' に変換され、対物レンズ 102 に導かれる。円環ビーム L' は、対物レンズ 102 を経て SIL 103 の下側平面へ集光される。このとき、SIL 103 へ導かれる円環状の収束光は、SIL 103 の平面に対して臨界角以上になるよう入射され、境界面で全反射されて戻っていく。これより、対物レンズ 102 及び SIL 103 の中央付近を透過してレンズの外へ出ていく光がなくなり、SIL 103 の中央付近からは近接場光のみが滲み出る。このため、CモードのSNOMにおいて、本実施形態の集光ユニットを適用し、この集光ユニットの SIL 103 の中央付近の近接場光をプローブによって検出する場合は、プローブに導かれる近接場光以外の外部光がなくなり、検出される光のノイズが低減される。加えて、超解像の効果により、ビームスポットは通常の集光スポットよりも小さくなるので、より微小な領域へ光を照射することができる。

【0092】SIL 103 の平面には、図示されない被測定物が数十 nm の距離まで近接されており、被測定物の表面に近接場光を照射することができる。図 8 に示した光学系を利用し、被測定物からの反射光を検出すれば、SIL 103 を用いた顕微鏡や記録情報再生装置を構成することも可能である。

【0093】しかし、CモードのSNOMとして用いる場合を考えると、被測定物に対向して受光用プローブがあり、被測定物の裏面から光が照射されるため、被測定物の厚みを越えて表面付近に集光しなければならない。同様に、CモードのSNOMの構成を高密度情報再生装置に用いる場合、情報記録媒体基板の裏面から光を入射

し、情報の記録されている表面近傍に基板の厚みを越えて集光しなければならない。このように裏面から光を入射し、厚みを越えて表面に集光するような構成については、図 10、図 11 で後述する。

【0094】なお、対物レンズ 102 と SIL 103 を兼用して1つの平凸レンズとしてもよい。保持部 101e は、光学素子 101 をフレーム (図示せず) で保持するために用いるもので、光学素子 101 の光学的な作用には関係ない。

【0095】(第3実施形態)図 9 (a) は、本発明の第3実施形態である集光ユニットを示している。

【0096】図 9 (a) に示す集光ユニット 121 は、光学素子 119 と、これに固定された平板 120 から構成されている。光学素子 119 と平板 120 の固定は、例えば屈折率の等しい透明な接着剤による接着固定で達成される。光学素子、平板、接着剤の屈折率が等しい場合、固定面に光学的な界面が存在しなくなるので、光透過率を高くすることができる。

【0097】光学素子 119 には、第1ミラー面 119a と第2ミラー面 119b が形成されている。光学素子 119 の光入射面 119c から入射された入射光 1 は、第1ミラー面 119a で光路を放射状に分散され、第2ミラー面 119b から平板 120 へと反射される。ここで、第2ミラー面 119b は凹面鏡となっており、その反射光は下方の平板 120 の平面 120a へ向けて集光される。

【0098】平板 120 内部に導かれる円環状の収束光は、平面 120a に対して臨界角以上になるよう入射され、境界面で全反射されて戻っていく。これにより、平板 120 の外へ出ていく光がなくなり、平面 120a の中央付近からは近接場光のみが滲み出る。このため、CモードのSNOMにおいて、本実施形態の集光ユニットを適用し、この集光ユニットの平面 120a の中央付近の近接場光をプローブによって検出する場合は、プローブに導かれる近接場光以外の外部光がなくなり、検出される光のノイズが低減される。加えて、超解像の効果により、ビームスポットは通常の集光スポットよりも小さくなっているため、より微小な領域へ光を照射することができる。このような構造にすることにより、構成部品数を少なくすることができ、小型軽量を図ることができ、かつ位置調整の手間が省ける。また、経時変化による光学特性の変動も少ない。

【0099】図 9 (b) に示す集光ユニット 121A は、本実施形態の変形例を示している。この集光ユニット 121A は、光学素子 119A と、これに固定された平板 120 から構成されている。光学素子 119A には、コリメートレンズ 106A、第1ミラー面 119Aa、第2ミラー面 119Ab が形成されている。光源 109 から放射された発散光 1 は、光学素子 119A の光入射面 119Ac に形成されたコリメートレンズ 106

Aへ入射し、第1ミラー面119Aaで光路を放射状に分散され、第2ミラー面119Abで平板120へと反射される。第2ミラー面119Abは凹面鏡となっており、下方の平板120の平面120aへ向けて集光される。

【0100】平板120に導かれる円環状の収束光は、平面120aに対して臨界角以上になるよう入射され、境界面で全反射されて戻っていく。これにより、平板120の外へ出ていく光がなくなり、平面120aの中央付近からは近接場光のみが滲み出る。このため、CモードのSNOMにおいて、本実施形態の集光ユニットを適用し、この集光ユニットの平面120aの中央付近の近接場光をプローブによって検出する場合は、プローブに導かれる近接場光以外の外部光がなくなり、検出される光のノイズが低減される。加えて、超解像の効果により、ビームスポットは通常の集光スポットよりも小さくなっているため、より微小な領域へ光を照射することができる。このような構造にすることにより、構成部品数を少なくすることができ、小型軽量を図ることができ、かつ位置調整の手間が省ける。また、経時変化による光学特性の変動も少ない。

【0101】平板120の平面120aには、図示されない被測定物が数十nmの距離まで近接されており、被測定物の表面に近接場光を照射することができる。図9に示した光学系を利用し、被測定物からの反射光を検出すれば、顕微鏡や記録情報再生装置を構成することも可能である。

【0102】しかし、CモードのSNOMとして用いる場合を考えると、被測定物に対向して受光用プローブがあり、被測定物の裏面から光が照射されるため、被測定物の厚みを越えて表面付近に集光しなければならない。同様に、CモードのSNOMの構成を高密度情報再生装置生に用いる場合、情報記録媒体基板の裏面から光を入射し、情報の記録されている表面近傍に基板の厚みを越えて集光しなければならない。このように裏面から光を入射し、厚みを越えて表面に集光するような構成については、図10、図11で後述する。

【0103】（第4実施形態）図10は、図8に示す第2実施形態の集光ユニット105とCモードのSNOMを組み合わせて適用した第4実施形態の高密度情報再生装置を示している。

【0104】集光ユニット105によって、情報記録媒体基板122の裏面から円環ビームの集光スポットを照射する。円環ビームは、情報記録媒体基板122を介して該基板122に臨界角以上で入射し、その集光点が情報記録媒体基板122の表面に形成される。これにより、円環ビームの集光スポットは、記録マーク124周辺に超解像の効果による微小なスポットの近接場光N'を発生する。この状態で、情報記録媒体基板122にプローブ123を数十nmの距離まで近づけると、近接場光N'は

伝搬光に変換されプローブ123の中を伝わっていき、図示されない光検出器で検出される。

【0105】情報記録媒体基板122とプローブ123の間隔を保ちながらプローブ123をスキャンさせていくと、プローブ123から光検出器への伝搬光は、記録マーク124の有無に応答して変化する。この光検出器は、該伝搬光の変化に基づいて、記録マーク124の有無を判別し、情報記録媒体基板122に記録された情報を再生する。

【0106】（第5実施形態）図11は、図9(a)に示す第3実施形態の集光ユニット121とCモードのSNOMを組み合わせて適用した第5実施形態の高密度情報再生装置を示している。

【0107】集光ユニット121によって、情報記録媒体基板122の裏面から円環ビームの集光スポットを照射する。円環ビームは、情報記録媒体基板122を介して該基板122に臨界角以上で入射し、その集光点が情報記録媒体基板122の表面に形成される。これにより、円環ビームの集光スポットは、記録マーク124周辺に超解像の効果による微小なスポットの近接場光N'を発生する。この状態で、情報記録媒体基板122にプローブ123を数十nmの距離まで近づけると、近接場光N'は伝搬光に変換されプローブ123の中を伝わっていき、図示されない光検出器で検出される。

【0108】情報記録媒体基板122とプローブ123の間隔を保ちながらプローブ123をスキャンさせていくと、プローブ123から光検出器への伝搬光は、記録マーク124の有無に応答して変化する。この光検出器は、該伝搬光の変化に基づいて、記録マーク124の有無を判別し、情報記録媒体基板122に記録された情報を再生する。

【0109】（第6実施形態）図12は、本発明の第6実施形態の光学ヘッドを示す断面図である。光学ヘッド201は、光学素子202、半導体基板205が固定された平板203、及び半導体レーザ206で構成されている。半導体基板205には、光検出器204が形成されている。

【0110】この光学ヘッド201は、記録媒体基板209に近接して使用される。この記録媒体基板209には記録マーク207が形成され、その内部に反射面8が設けられている。

【0111】光学素子202は、半導体レーザ206からの光に対して透明な材料で形成されており、該透明材料の底面中央に形成された円錐面からなる第1ミラー面210と、これを取り囲むように形成された凹面鏡からなる第2ミラー面211とを有する。第1ミラー面210及び第2ミラー面211は、該各ミラー面の中心軸を半導体レーザ206から出射され光学素子202に入射してきた入射光Lの光軸に重ね合わせて配置されている。また、特に第2ミラー面211は、第1ミラー面2

10 からの散乱光を受けないように（第1ミラー面からの反射光のみを受けるように）、その位置が限定されており、第2ミラー面211の上側範囲が特定されている。これは、第1ミラー面の円錐先端で発生する散乱光が迷光となって、記録媒体基板209へ導かれるのを防ぐためである。第1ミラー面210によって、半導体レーザ206からの入射光Lが円環ビームに変換され、続いて第2ミラー面211により円環ビームが平板203の光出射面203'に向けて集光されるようになっている。

【0112】第1ミラー面210は、その回転中心軸に対して45°よりも大きな角度で配置されており（円錐の先端が90°よりも大きい）、反射光はその回転中心軸に対して垂直よりも小さい角度（やや半導体レーザ206寄りの方向）に反射される。この様な光路を形成することで、半導体レーザ206から第1ミラー面210までの光路の大部分を光学素子202内に含ませることができ、光学ヘッド201の薄型化を図ることができる。

【0113】平板203には、半導体基板205が固定されている。この固定には、アルゴンプラズマ処理により活性化された表面同士が常温で固着する、いわゆる常温接合などの手法が適用される。半導体基板205は、厚さ40μm程度のシリコン単結晶薄板が適している。平板203を石英ガラスとすれば、これに極めて薄い半導体基板205を接合しても、通常のICプロセスにより半導体基板205上に光検出器204を形成することが可能である。

【0114】第2ミラー面11からの円環ビームが集光する平板203の領域には、光学的開口部Aが設けられており、これに隣接するように光検出器204が配置されている。光学的開口部Aには、誘電体材料212が充填され、さらに研磨処理が施されており、平板203の光出射面203'は、光学的開口部A付近に段差のない平滑な平坦面となっている。この平滑な平坦面は、光の通過部分になるので、光検出器204を含む円形の領域まで要求される。また、これよりも外側の領域では、円形の平滑な平坦面よりも突出した形状があってはならない。

【0115】ここで誘電体材料212は、40μm以上の段差を埋め込む必要があるため、SOG (spin on glass) の塗布並びに焼成による膜や、TEOS (珪酸エチル) をソースとしたCVDによる二酸化珪素膜などが適している。図12では光検出器のみが形成された構成となっているが、同時に信号処理用のICも形成することができる。

【0116】記録媒体基板209は、その内部に反射面208を有している。これは記録マーク207の形成された上側から入射した光を反射して、再び記録媒体基板209の外部へ出射する働きがある。この反射面208

より奥には光は侵入しないので、反対側の面にも記録マークが形成された両面基板を構成することが可能である。

【0117】半導体レーザ206からの入射光Lは、光学素子202によって光学的開口部Aの光出射面203'に円環ビームとして集光される。このときのビームスポット径は、超解像の効果により、通常のビーム径よりも小さくなる。ところで、集光される光の入射角は、光出射面203'に対して臨界角以上となっており光出射面203'で全反射を起こすので、この境界面を越えて光の透過は起こらない。ところが、この境界面近傍には近接場光Nのしみ出しがあるので、記録媒体基板209が数十nmの間隔まで近接すると、近接場光Nは伝搬光となって記録媒体基板209の中へと透過していく。そして、光は、反射面208で反射されて記録媒体基板209の表面に戻り、記録マーク207により散乱されたり、一部は近接場光から伝搬光に変換されたりして、光検出器204へと導かれる。光検出器204は、受光した光を光電変換して、記録マーク207に対応する電気信号を形成し、この電気信号を図示されない信号処理回路に伝達する。この信号処理回路によって電気信号が検出される。信号処理回路は、該電気信号に基づいて一連の記録マーク207によって示される情報を再生する。

【0118】両側の光検出器204によって記録マーク207を検知する。両側の光検出器204の出力の和から記録マーク207の有無を検出することができ、記録媒体基板209と光学ヘッド201との間隔を一定に保ちながらトラック方向へ相対移動させていくと、検出された電気信号に基づいて記録されていた情報を再生することができる。

【0119】記録媒体基板209と光学ヘッド201との間隔制御にも近接場光を利用することができる。記録媒体基板209と光学ヘッド201間のギャップの光透過率、つまり近接場光Nが伝搬光となつて記録媒体基板209の内部へと透過していく効率は、光出射面203'と記録媒体基板209の間隔に対して指数関数的に変化する。従って、光検出器204の出力レベルに基づいてギャップの光透過率を求めれば、光出射面203'と記録媒体基板209との間隔を検出することができる。

【0120】また、予め深さを規定した数種類の記録マークを形成しておけば、多値記録情報の再生が可能である。図12では、記録マークを凹部として記してあるが、これを凸部としてもよい。

【0121】更に、図12に示すように、記録マーク207の配列（トラック）を挟んで両側にそれぞれの光検出器4を配置しておけば、それらの出力の差動を得ることでトラッキング信号を検出することができる。2つの光検出器4の配置については図13を用いて説明する。

【0122】図13は、図12に示す光学ヘッド201を記録媒体基板209側から見た平面図を示している。この平面の略全体が半導体基板205によって覆われている。半導体基板205には、光学的開口部Aを取り巻くように光検出器204が形成されている。光検出器204は、トラック方向の分割線に沿って2つの領域に分割されている。光検出器204が形成されていない半導体基板205の部分には、信号処理用のICを形成することが可能である。

【0123】光検出器204は、該伝搬光の変化に基づいて、記録マーク124の有無を判別し、情報記録媒体基板122に記録された情報を再生する。信号処理用のICは、光検出器204によって再生された情報を処理する。

【0124】図14を用いて光学素子202の作製工程の1例について説明する。

【0125】図14(a)に示すように、上部金型Tには第1ミラー面210、下部金型Bには第2ミラー面211の形状が加工されている。この金型を加熱しておき、図14(b)に示すように、光学素子202を構成する透明材料Mを必要量だけ軟化させてセットする。続いて、図14(c)に示すように、上部金型Tと下部金型B間で透明材料Mをプレスし、冷却固化させて取り出した後、反射膜を形成してパターンニングすれば、図14(d)に示したような光学素子202が得られる。反射膜は、誘電体多層膜でも金属膜でもよい。これらの成膜は蒸着やスパッタリングなどで行うことができる。

【0126】ここではプレス成型について説明したが、射出成型や切削で加工してもよい。

【0127】次に、図15を用いて、図12に示した本実施形態の光学ヘッドの作製工程について説明する。

【0128】図15(a)に示す平板203は、光学特性や機械特性にすぐれた石英ガラス板が望ましい、この平板203の上に、図15(b)に示すように半導体基板205を常温接合する。半導体基板205としては、厚さ40 μ m程度のシリコン単結晶薄板がふさわしい。これは、例えば波長780nmの光が99%光電変換されるまでに到達する深さが約40 μ mであり、これが活性層深さとみなせることに起因する。そして、図15(c)に示すように光検出器204を半導体基板205中に形成する。図15(c)では、その表面を平坦に示してあるが、光検出器204の受光部周辺には、配線や絶縁層などにより通常数 μ m程度の突出部が形成されている。

【0129】続いて、図15(d)に示すように、開口部Cをエッチング等により形成し、平板203を露出させる。開口部Cは光検出器204に隣接するので、この工程はサイドエッチングの少ない方法で行うことがふさわしい。この開口部Cを埋め込むように誘電体材料212を成膜し、研磨処理を施して平滑な平坦面を形成した

ものが図15(e)である。既に述べたように、この誘電体材料212の膜は、SOGの塗布並びに焼成や、CVD等で形成される。

【0130】そして、図15(f)に示すように、平板203及び半導体基板205を必要な大きさに切り出し、図15(g)に示すように切り出した平板203を光学素子202と一体固定して、光学ヘッド201を形成する。固定は透明接着剤による接着でよい。透明材料Mと透明接着剤の屈折率は近いほど好ましい。

【0131】図16は、本実施形態の光学素子の変形例を示している。図中では、合わせて平板203も示している。

【0132】図16(a)に示す光学素子202Aは、その中央に凹レンズ213が形成されている。円環ビームの単位面積当たりの光強度が大きい場合、表面粗度や稜の変形などを原因とする第1及び第2ミラー面での光の散乱の影響が大きい。この光損失を低減するには、円環ビームの断面積を大きくし、単位面積当たりの光強度を小さくすればよい。そこで、図16(a)では、半導体レーザ206からの光を凹レンズ213で拡げている。この拡がったビームを受けるために、第1ミラー面210Aは、回転中心軸に垂直な平面への投影面積が大きくなるようにしてある(例えば、ミラー面の角度が同じであれば、ミラー面の面積を大きくする)。これにより、円環ビームの外径が大きくなり(図12と比較すると第2ミラー面211のより外周まで光を受けることになる)、円環ビームの断面積が大きくなるので、表面粗度や稜の変形などによる第1及び第2ミラー面での光の散乱の影響が低減され、光利用効率が向上する。

【0133】図16(b)の光学素子202Bは、第1ミラー面210Bを凸面鏡にして、半導体レーザ206からの光を第2ミラー面211へ向けて拡げるようにしている。これにより、円環ビームの断面積が大きくなり、表面粗度や稜の変形などによる第1ミラー面及び第2ミラー面での光の散乱の影響が低減され、光利用効率が向上する。

【0134】(第7実施形態)図17は、本発明の第7実施形態の光学ヘッドを示す断面図である。光学ヘッド314は、光学素子302、半導体基板317が貼り付けられた平板315、及び半導体レーザ306から構成されている。半導体基板317には、光検出器318が形成されている。この光学ヘッド314は、記録マーク19が形成された記録媒体基板320に近接して使用される。

【0135】半導体レーザ306及び光学素子302は、図12に示した光学素子202と同一である。つまり、光学素子302は、半導体レーザ306からの光に対して透明な材料で形成されており、底面中央に形成された円錐面からなる第1ミラー面310と、これを取り囲むように形成された凹面鏡からなる第2ミラー面31

1 とが設けられている。第 1 ミラー面 310 及び第 2 ミラー面 311 は、該各ミラー面の中心軸を半導体レーザ 306 からの入射光 L の光軸に重ね合わせて配置されている。また、特に第 2 ミラー面 311 は第 1 ミラー面 310 からの散乱光を受けないよう（第 1 ミラー面からの反射光のみを受けよう）ミラーの位置が限定されている。これは、第 1 ミラー面の円錐先端で発生する散乱光が迷光となって、記録媒体基板 320 へ導かれるのを防ぐためである。第 1 ミラー面 310 によって、半導体レーザ 306 からの入射光 L が円環ビームに変換され、続いて第 2 ミラー面 311 により円環ビームが誘電体材料 316 の光出射面 316' に向けて集光されるようになっている。

【0136】平板 315 の下側面には、半導体基板 317 が接合されている。この半導体基板 317 には、光検出器 318 が形成され、かつその光学的開口部 A' が誘電体材料 316 で充填されて平面加工が施されている。この平面加工による平滑な平坦面は、光学的開口部 A' を含む円形領域に要求される。これより外側の領域では、円形の平滑な平坦面よりも突出した形状があつては

ならない。

【0137】平板 315 を光学素子 302 に固定するには、透明な接着剤が用いられる。半導体基板 317 は厚さ 40 μm 程度のシリコン単結晶薄板が適している。図 17 では光検出器 318 だけが形成された構成となっているが、同時に信号処理用の IC も形成することができる。

【0138】本実施形態の光学ヘッド 314 は、図 14 及び図 15 に示した工程とほぼ同じ作製工程で作製できるため、作製方法の説明は省略する。

【0139】半導体レーザ 306 からの入射光 L は、光学素子 302 によって光学的開口部 A' を通って円環ビームとして光出射面 316' に集光される。このときのビームスポット径は、超解像の効果により、通常のビーム径よりも小さくなる。ところで、集光される光の入射角は、光出射面 316' に対して臨界角以上となっており光出射面 316' で全反射を起こすので、この境界面を越えて光の透過は起こらない。ところが、この境界面近傍には近接場光 N のしみ出しがあるので、記録媒体基板 320 が数十 nm の間隔まで近接すると、近接場光 N は伝搬光となって記録媒体基板 320 の中へと透過していく。このとき、光の一部が記録マーク 319 によって散乱されるため、その直上に形成された光検出器 318 によって散乱された光が受光される。光検出器 318 は、受光した光を光電変換して、記録マーク 319 に対応する電気信号を形成し、この電気信号を図示されない信号処理回路に伝達する。この信号処理回路は、電気信号を検出し、電気信号を処理する。

【0140】両側の光検出器 318 によって記録マーク 319 を検知する。両側の光検出器 318 の出力の和が

ら記録マーク 319 の有無が検出され、記録媒体基板 320 と光学ヘッド 314 との間隔を一定に保ちながらトラック方向へ相対移動させていくと、検出された電気信号に基づいて記録されていた情報を再生することができる。

【0141】記録媒体基板 320 と光学ヘッド 314 との間隔制御にも、近接場光を利用することができる。記録媒体基板 320 と光学ヘッド 314 間のギャップの光透過率、つまり近接場光が伝搬光となつて記録媒体基板 320 の内部へと透過していく効率は、光出射面 316' と記録媒体基板 320 の間隔に対して指数関数的に変化する。従って、光検出器 318 の出力レベルに基づいてギャップの光透過率を求めれば、光出射面 316' と記録媒体基板 320 との間隔を検出することができる。

【0142】また、予め深さを規定した数種類の記録マークを形成しておけば、多値記録情報の再生が可能である。図 17 では、記録マークは凹部として記してあるが、これを凸部としてもよい。

【0143】更に、図 17 に示すように、記録マーク 319 の配列（トラック）を挟んで両側にそれぞれの光検出器 318 を配置しておけば、それらの出力の差動を得ることでトラッキング信号を検出することができる。2 つの光検出器 318 の配置については図 18 を用いて説明する。

【0144】図 18 は、図 17 に示す光学ヘッド 314 を記録媒体基板 320 側から見た平面図を示している。この平面の略全体が半導体基板 317 によって覆われている。半導体基板 317 の中央に光検出器 318 が形成され、その外側には光学的開口部 A' が形成されている。光検出器 318 は、トラック方向に沿って 2 つの領域に分割されている。また、中央の光検出器 318 からの出力をその外側の半導体基板 317 の部分に導くため、トラックに沿った方向に配線用の短絡部 317' が設けられている。光検出器 318 の形成されていない部分の半導体基板 317 には、信号処理用の IC を形成することができる。

【0145】また、光検出器 318 をトラックに沿った方向に 3 分割し、中央の領域で再生信号、両脇の領域でサーボ信号を再生することもできる。

【0146】

【発明の効果】本発明の光学素子は、一つの回転軸周りに回転されたそれぞれの線の軌跡として定められ、かつ相互に対向する第 1 反射面及び第 2 反射面が形成された透明部材を備え、前記第 1 反射面は、前記透明部材への前記回転軸に沿った入射光を該回転軸に対して 90° 以上の角度をなして前記第 2 反射面へと反射し、前記第 2 反射面は、前記第 1 反射面からの反射光を更に反射して前記透明部材から出射している。

【0147】本発明の光学素子によれば、第 1 反射面

は、回転軸に沿った入射光を回転軸に対して 90° 以上の角度をなして第 2 反射面へと反射する。これによって、入射光が放射状に分散される。第 2 反射面は、第 1 反射面からの反射光、つまり放射状に分散された光を更に反射して出射する。これによって、放射状に分散された光が環状の光となって出射される。

【0148】また、第 1 反射面及び第 2 反射面を共に透明部材に形成し、かつ第 1 反射面によって入射光を回転軸に対し 90° 以上の角度をなして反射しているの、薄型の光学素子 1 つで円環ビームを発生することができる。

【0149】一実施形態では、前記透明部材の光入射端面から離間して、前記第 1 反射面が配置される。この場合、加工時に第 1 ミラー面先端が破損するのを避けることができる。

【0150】一実施形態では、前記透明部材の光入射端面に最も近い前記第 2 反射面の端部は、前記第 1 反射面によって反射された反射光の照射範囲内にある。これによって、第 1 ミラー面先端からの散乱光が第 2 ミラー面で反射されなくなる。

【0151】また、本発明の光学素子は、一つの回転軸周りに回転されたそれぞれの線の軌跡として定められ、かつ相互に対向する第 1 反射面及び第 2 反射面が形成された透明部材を備え、前記第 1 反射面は、前記透明部材への前記回転軸に沿った入射光を該回転軸に対して 90° 以上の角度をなして前記第 2 反射面へと反射し、前記第 2 反射面は、前記第 1 反射面からの反射光を更に反射して前記透明部材から出射し、該出射光を該出射光の光軸に対して垂直な平面に臨界角以上の角度をなして入射させる。

【0152】本発明の光学素子によれば、出射光を該出射光の光軸に対して垂直な平面に臨界角以上の角度をなして入射させるので、平面近傍に近接場光のみの微小スポットを形成することができる。

【0153】一実施形態では、前記透明部材の光出射側に配置され、該光出射側の面が平面状に形成された透明板と、該光出射側に配置された凸レンズを備え、前記第 2 反射面及び前記凸レンズの少なくとも一方によって、前記第 1 反射面からの反射光を集光する。

【0154】また、本発明の情報再生装置は、光学素子と、プローブとを備え、前記光学素子は、一つの回転軸周りに回転されたそれぞれの線の軌跡として定められ、かつ相互に対向する第 1 反射面及び第 2 反射面が形成された透明部材を備え、前記第 1 反射面は、前記透明部材への前記回転軸に沿った入射光を該回転軸に対して 90° 以上の角度をなして前記第 2 反射面へと反射し、前記第 2 反射面は、前記第 1 反射面からの反射光を更に反射して前記透明部材から出射し、該出射光を記録媒体に臨界角以上の角度をなして入射させ、前記プローブは、前記記録媒体の近傍の光を入射する。

【0155】本発明の情報再生装置によれば、出射光を記録媒体に臨界角以上の角度をなして入射させるので、記録媒体基板の表面近傍に近接場光のみの微小スポットを形成することができる。

【0156】また、本発明の光学素子は、一つの回転軸周りに回転されたそれぞれの線の軌跡として定められ、かつ相互に対向する第 1 反射面及び第 2 反射面が形成された透明部材と、前記透明部材の光出射側に配置され、該光出射側の面が平面状に形成された透明板とを備え、前記第 1 反射面は、前記回転軸に対して 45° 以上傾斜し、前記透明部材への前記回転軸に略沿った入射光を前記第 2 反射面へと反射し、前記第 2 反射面は、凹面であり、前記第 1 反射面からの反射光を前記透明板へと更に反射し、前記第 2 反射面からの反射光が前記透明板の光出射側の平面に臨界角以上をなして入射されて該平面から出射される。

【0157】本発明の光学素子によれば、第 1 反射面は、回転軸に沿った入射光を第 2 反射面へと反射する。これによって、入射光が放射状に分散される。第 2 反射面は、第 1 反射面からの反射光、つまり放射状に分散された光を更に反射する。これによって、放射状に分散された光が環状の光となる。更に、光源からの光を円環ビームに変換した後、この光を透明板の光出射側の平面に臨界角以上をなして入射させて該平面から出射させるので、近接場光のみによる微小スポットを集光することができる。

【0158】一実施形態では、前記透明部材の光入射端面に凹レンズを備え、前記光入射端面が前記凹レンズを介して前記第 1 反射面に入射する。この場合、光路を長くとらずに円環ビームの面積を大きくすることができる。

【0159】また、本発明の光学ヘッドは、光学素子と、光源と、光検出器とを備え、前記光学素子は、一つの回転軸周りに回転されたそれぞれの線の軌跡として定められ、かつ相互に対向する第 1 反射面及び第 2 反射面が形成された透明部材と、前記透明部材の光出射側に配置され、該光出射側の面が平面状に形成された透明板とを備え、前記第 1 反射面は、前記光源から前記透明部材への入射光を前記第 2 反射面へと反射し、前記第 2 反射面は、前記第 1 反射面からの反射光を前記透明板へと反射し、前記第 2 反射面からの反射光が前記透明板の光出射側の平面に臨界角以上をなして前記光学的開口部に入射されて該光学的開口部から出射され、前記光検出器は、前記光学的開口部の周辺に設けられている。

【0160】本発明の光学ヘッドによれば、光は、光学素子で一旦集光され、記録媒体基板内部の反射面で反射された後、光検出器で検出される。

【0161】一実施形態では、前記光検出器は、複数の受光領域を有し、前記光学的開口部から出射され記録媒体によって反射された光を該各受光領域で受光し、該各

受光領域の検出出力に基づいて前記光学ヘッドによる前記記録媒体のトラッキングエラーを検出している。記録媒体のトラッキングエラーを検出すれば、トラッキングサーボを行うことができる。

【0162】一実施形態では、前記光検出器は、前記光学的開口部から出射され記録媒体によって反射された光を受光し、当該光検出器の検出出力に基づいて前記光学ヘッドと前記記録媒体間の距離を検出している。この場合、記録媒体基板との間隔を制御できるとともに、深さ方向に変調された記録マークの再生が可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1実施形態である集光ユニットを示す断面図である。

【図2】図1の光学素子の基本的な構成を示す斜視図である。

【図3】(a)～(c)は図1の光学素子の変形例を示す断面図である。

【図4】(a)～(c)は図1の光学素子の他の変形例を示す断面図である。

【図5】(a)～(d)は図1の光学素子の別の変形例を示す断面図である。

【図6】(a)～(d)は図1の光学素子の作製工程を示す図である。

【図7】(a)～(e)は図1の光学素子の他の作製工程を示す図である。

【図8】本発明の第2実施形態である集光ユニットを示す断面図である。

【図9】(a)は本発明の第3実施形態である集光ユニットを示す断面図であり、(b)は該集光ユニットの変形例を示す断面図である。

【図10】図8の集光ユニットとCモードのSNOMを組み合わせて適用した第4実施形態の高密度情報再生装置を示す断面図である。

【図11】図9(a)の集光ユニットとCモードのSNOMを組み合わせて適用した第5実施形態の高密度情報再生装置を示す断面図である。

【図12】本発明の第6実施形態の光学ヘッドを示す断面図である。

【図13】図12の光学ヘッドを記録媒体基板側から見た平面図である。

【図14】(a)～(d)は図12の光学素子の作製工程を示す図である。

【図15】(a)～(g)は図12の光学素子の他の作製工程を示す図である。

【図16】(a)、(b)は図12の光学素子の変形例を示す断面図である。

【図17】本発明の第7実施形態の光学ヘッドを示す断面図である。

【図18】図17の光学ヘッドを記録媒体基板側から見た平面図である。

【図19】(a)は従来の円環レーザ光による円形加工用装置を示す図であり、(b)は該装置の動作を示す図である。

【図20】従来の光ファイバーの表面欠陥検査装置を示す図である。

【図21】(a)は放射ビーム収束装置を示す断面図であり、(b)は該装置を示す平面図である。

【図22】従来の暗視野落射顕微鏡の光学系を示す図である。

10 【図23】(a)は図22の二重円錐鏡を光の出射側から見た平面図であり、(b)は二重円錐鏡を入射側から見た平面図であり、(c)は二重円錐鏡を光軸に沿って切断した断面図であり、(d)は二重円錐鏡を示す斜視図である。

【図24】従来の電界型全反射測定装置を示す概略構成図である。

【図25】(a)は超解像ビームを発生させる従来の光学素子の部分斜視図であり、(b)は該光学素子の作用を示す図である。

20 【図26】図25(a)の光学素子を示す断面図である。

【図27】(a)は近接場光学顕微鏡を応用した従来の光記録再生装置を示す断面図であり、(b)は従来の他の光記録再生装置を示す断面図である。

【図28】従来の他の記録再生装置を示す斜視図である。

【図29】(a)は図28の装置におけるカンチレバーの断面図であり、(b)はカンチレバーの平面図である。

30 【図30】SILを用いた光学系を応用した別の従来の光記録再生装置を示す断面図である。

【図31】近接場光学顕微鏡を応用した更に他の従来の光記録再生装置を示す断面図である。

【図32】近接場光学顕微鏡を応用した更に別の従来の光記録再生装置を示す断面図である。

【符号の説明】

1, 101, 119 光学素子

1a, 101a, 119a 第1ミラー面

1b, 101b, 119b 第2ミラー面

40 1c 光入射面

2, 102 対物レンズ

3, 103 SIL (Solid Immersion Lens)

4 フレーム

5 集光ユニット

120, 203, 315 平板

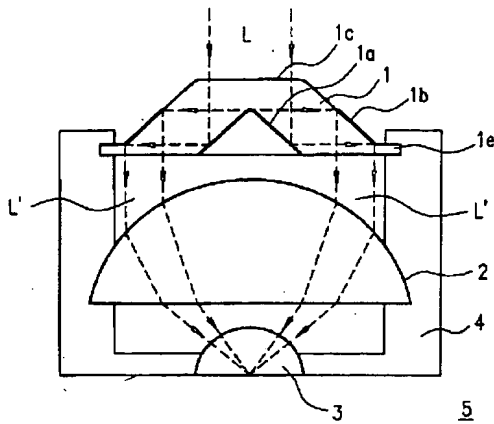
201, 314 光学ヘッド

202, 302 光学素子

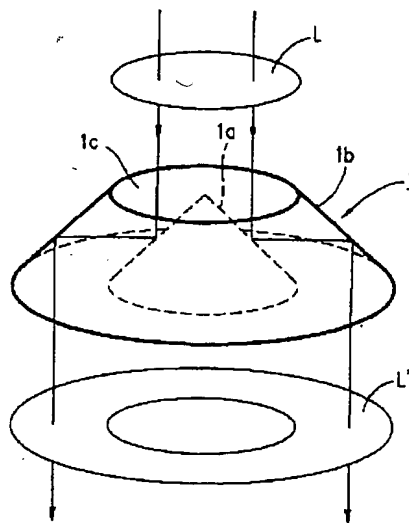
204 光検出器

50 205 半導体基板

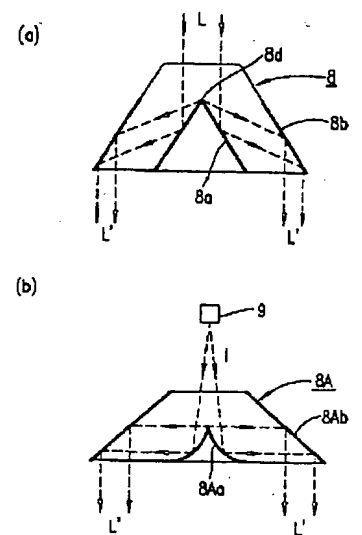
【図 1】



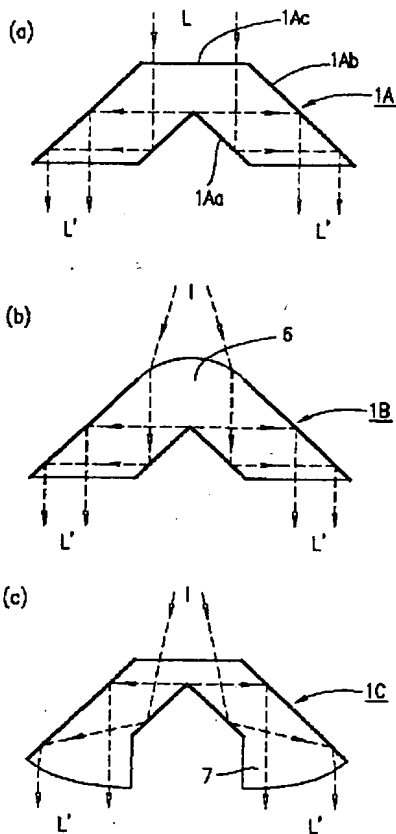
【図 2】



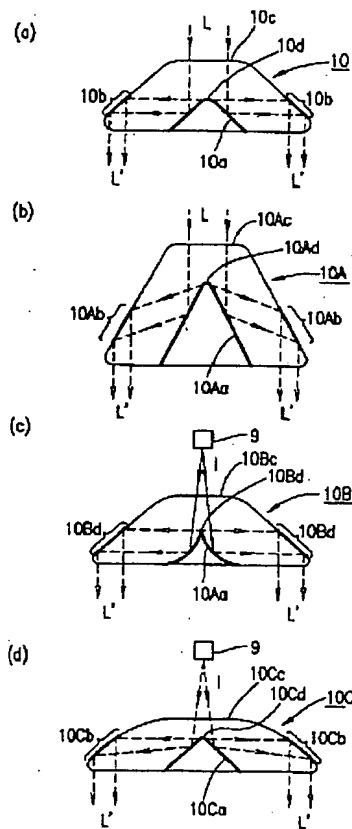
【図 4】



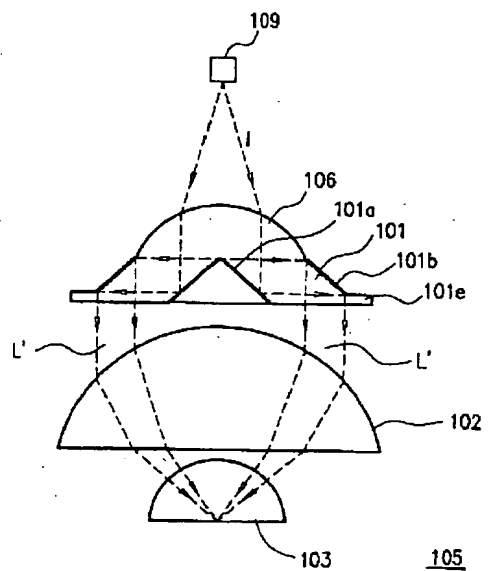
【図 3】



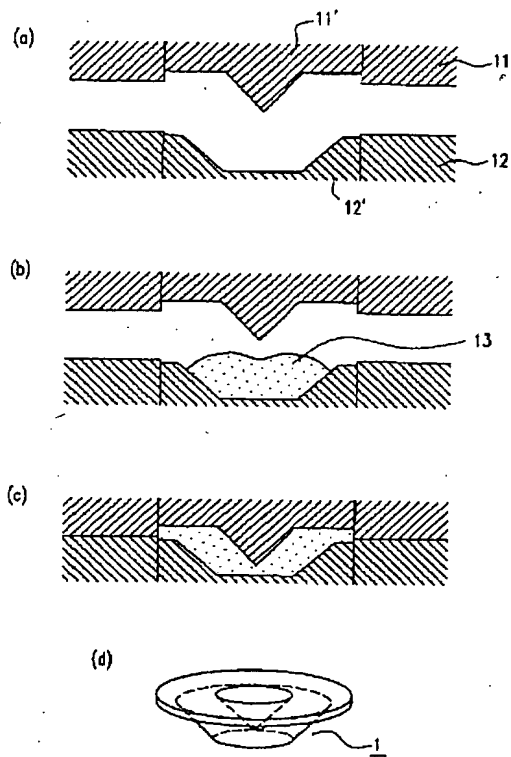
【図 5】



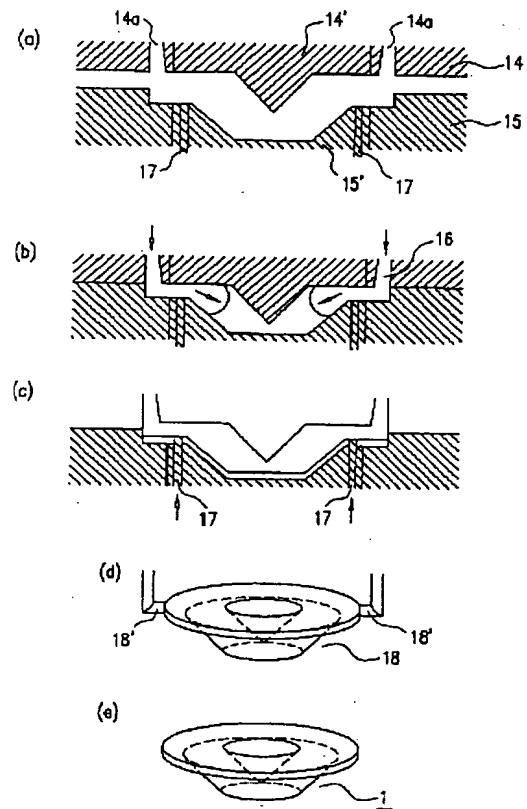
【図 8】



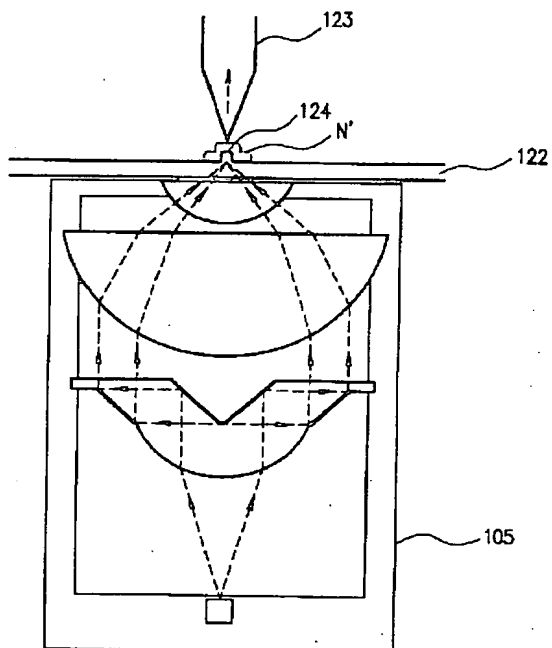
【図 6】



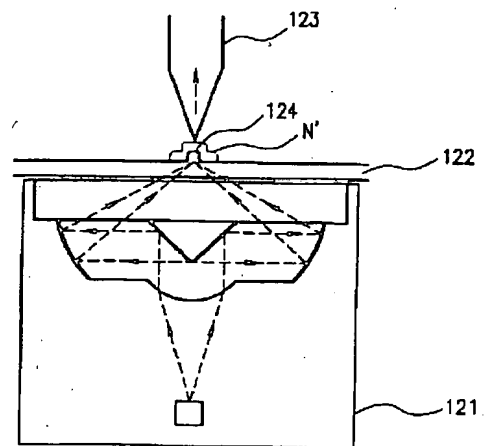
【図 7】



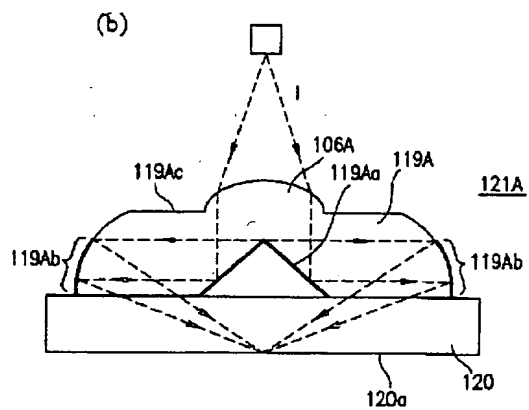
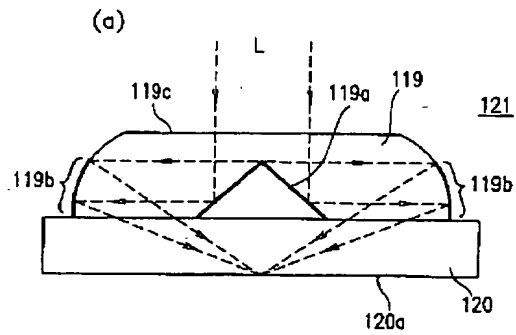
【図 10】



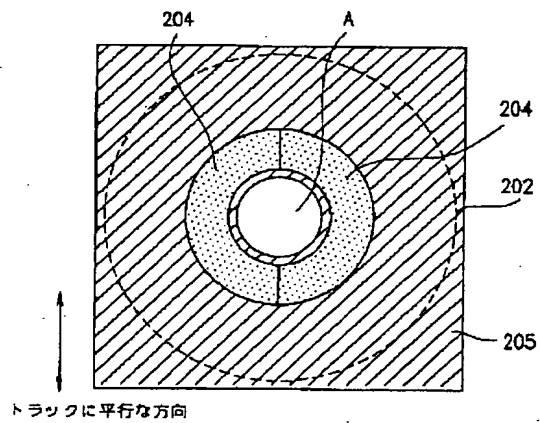
【図 11】



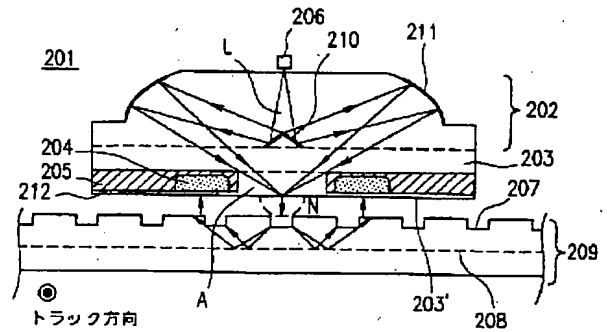
【図 9】



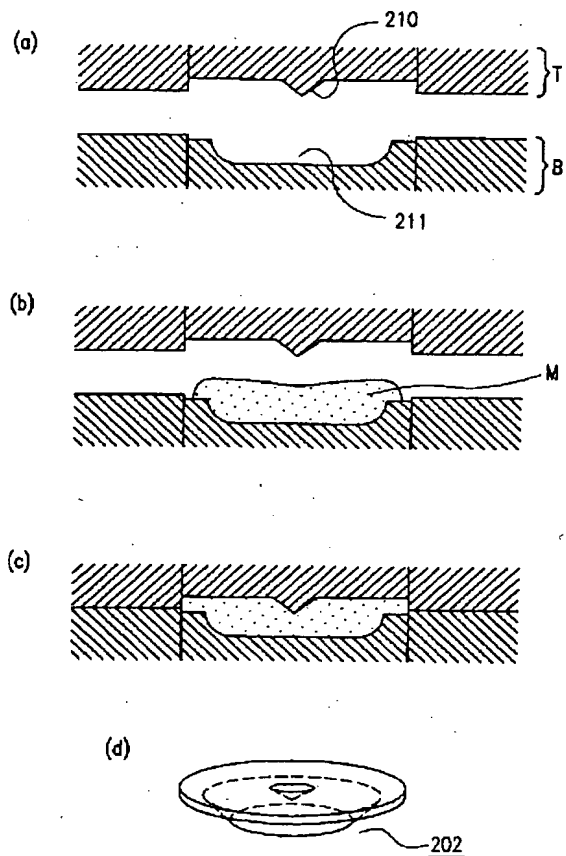
【図 13】



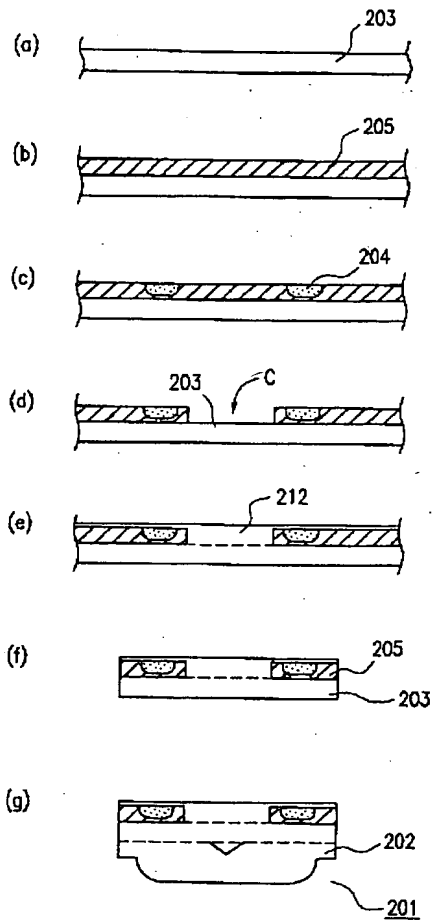
【図 12】



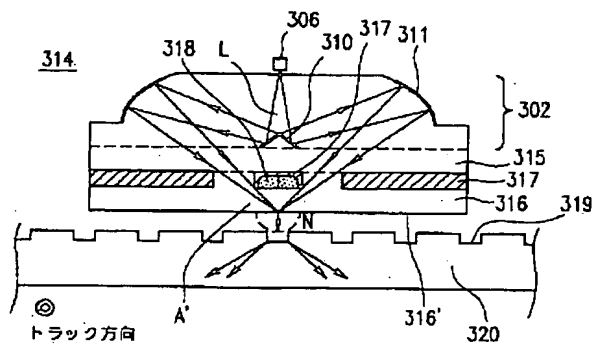
【図 14】



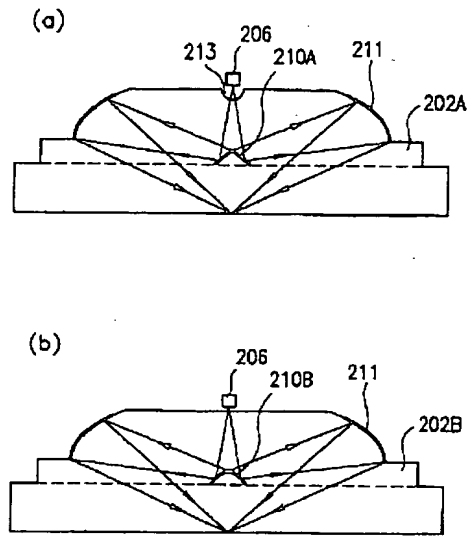
【図 15】



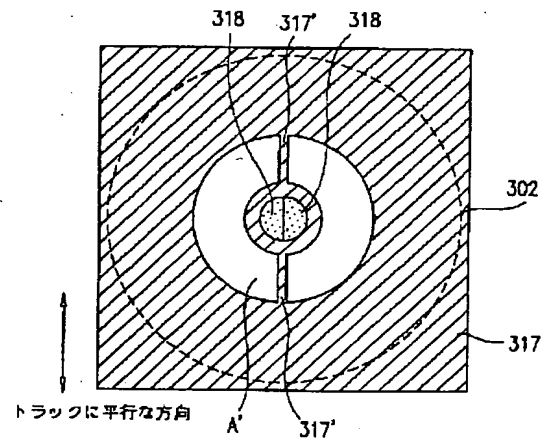
【図 17】



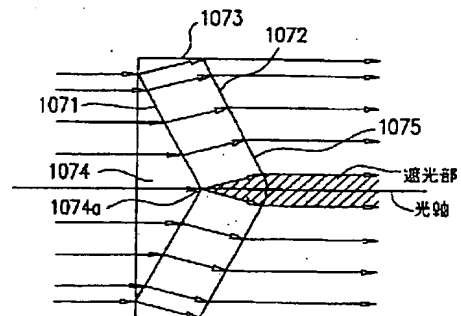
【図 16】



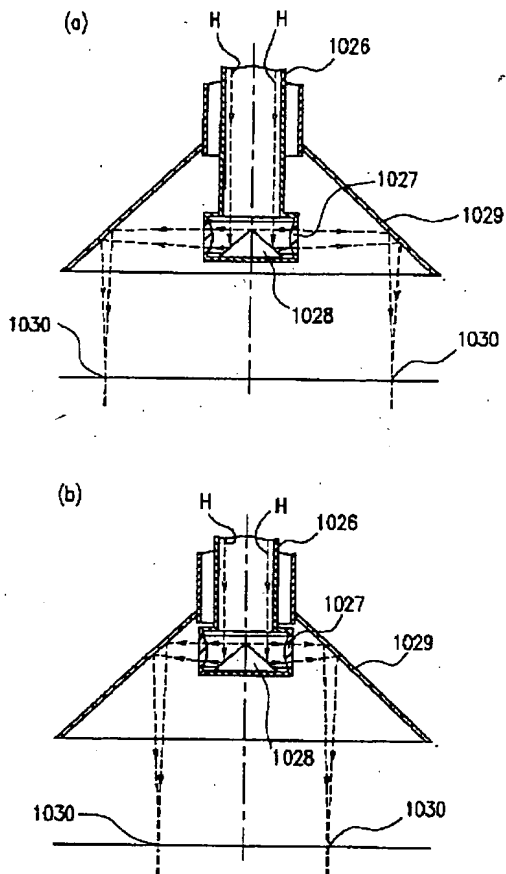
【図 18】



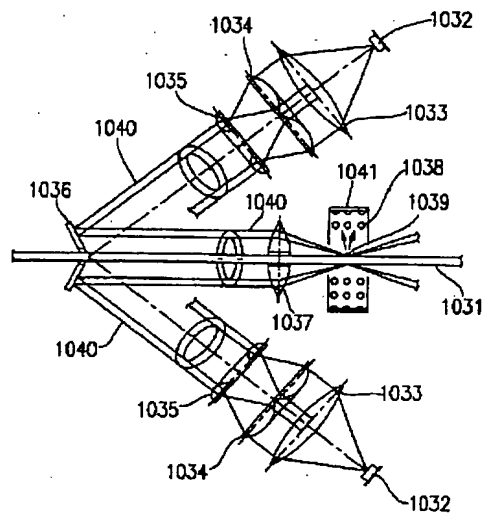
【図 26】



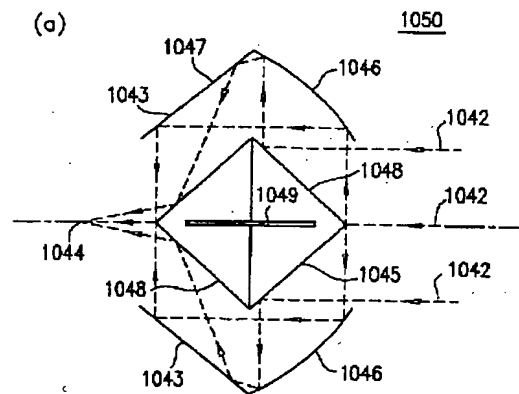
【図 19】



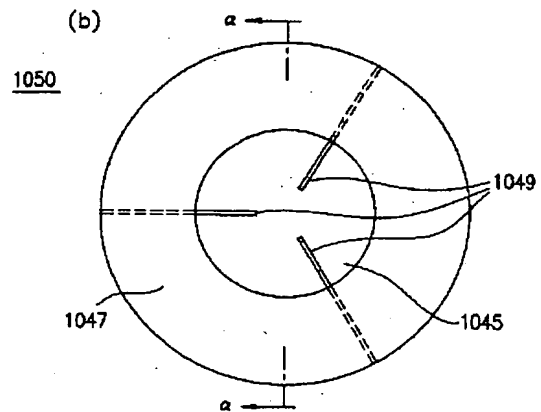
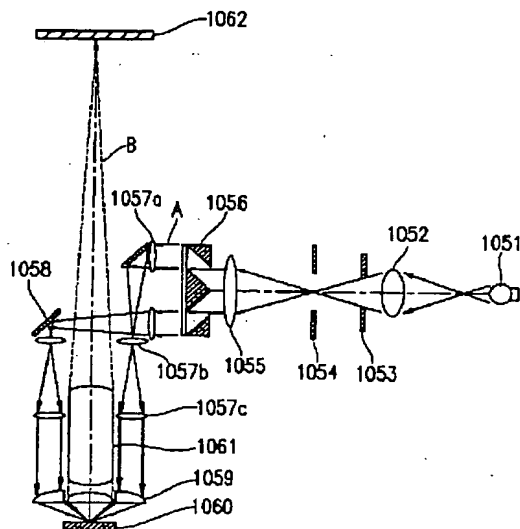
【図 20】



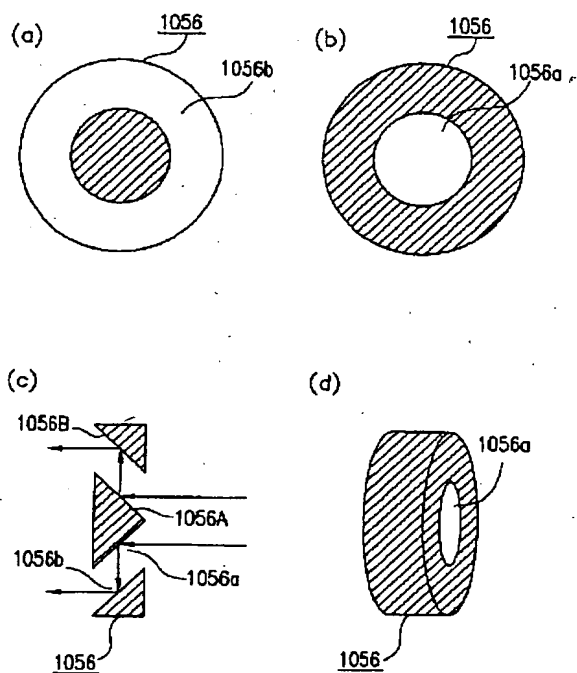
【図 21】



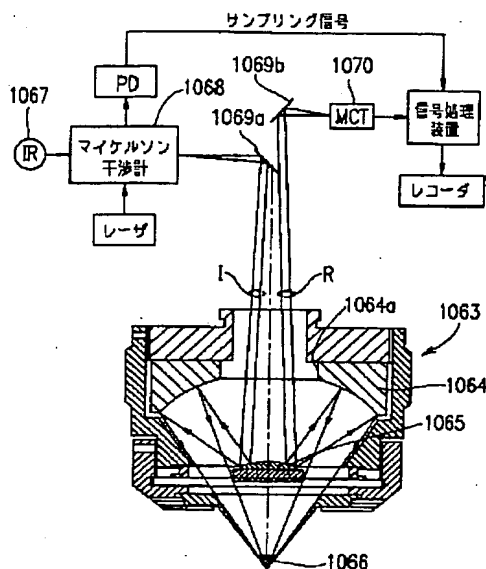
【図 22】



【図 2 3】

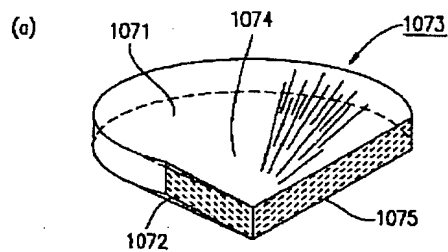


【図 2 4】

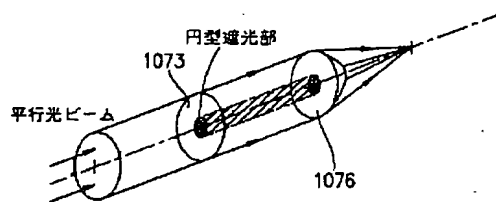


【図 3 1】

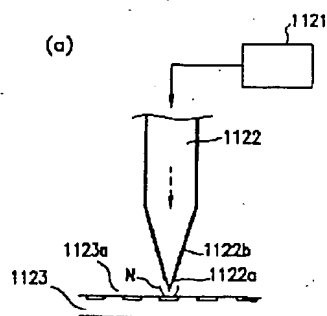
【図 2 5】



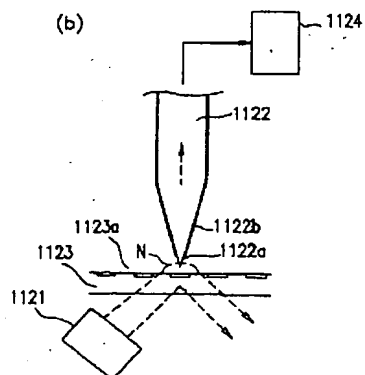
(b)



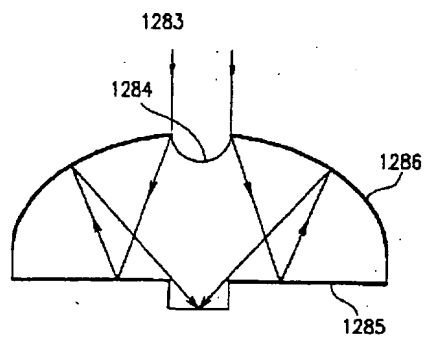
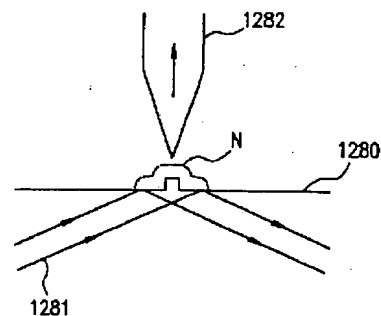
【図 2 7】



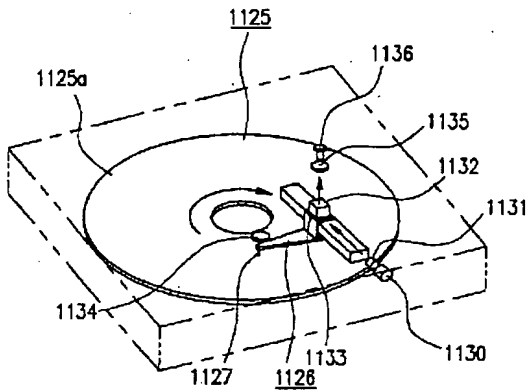
(b)



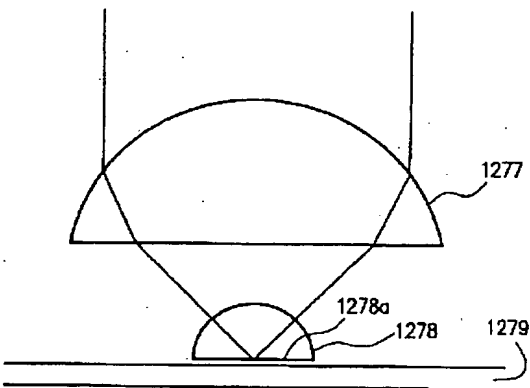
【図 3 2】



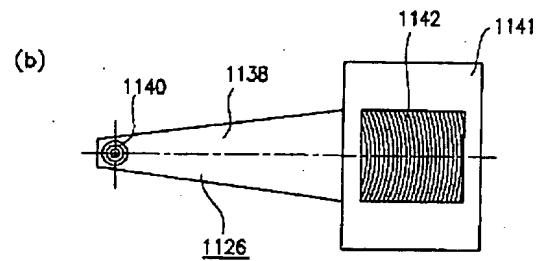
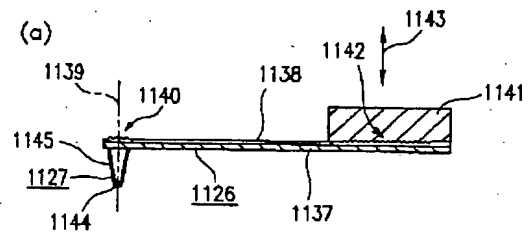
【図 28】



【図 30】



【図 29】



フロントページの続き

F ターム(参考) 2H087 KA13 LA21 TA01 TA04 TA06
 5D118 AA03 BA01 BB02 BF02 BF03
 CA13 CD03 CD08 DA00 DC03
 5D119 AA11 AA22 AA43 BA01 CA06
 CA09 CA10 DA01 DA05 EA02
 FA05 JA06 JA44 JA49 KA02
 9A001 BB03 BB05 JJ49 JJ50 KK16
 KK31 KK35 KK36 KK37 LL02
 LL05